ENCYCLOPÉDIE-RORET.

VERRE,

GLACES et CRISTAUX.

TOME I.



PARIS.

LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,

RUE HAUTEFEUILLE, N° 12.

point au genre de leurtalent; il faudrait donc s'essayer d'abord dans plusieurs *genres*, et se livrer ensuite à celui qui nous convient le mieux ; car la nature distribue des talents particuliers à tous les hommes, et même aux plus idiots. Mais dès qu'on a choisi son *genre*, il faut s'y tenir. Il est impossible à un acteur de jouer, avec un égal talent, le comique et le tragique. Un acteur, pour ne point choquer l'opinion générale, doit donc éviter de sortir de son genre et de passer ambitieusement au genre opposé.

GESTE. (Du latin *gestus*). Action du corps, surtout les bras et des mains, qui accompagne ordinairement a parole, et qui quelquefois doit la précéder. Le geste st le langage de toutes les nations du monde. Il faut en énéral faire peu de gestes; quand la parole suffit, le geste st inutile. Il n'est point naturel de toujours remuer le ras en parlant: il faut remuer les bras parce qu'on est nimé; mais il ne faut pas, pour paraître animé, remuer a bras. Le geste multiplié ou petit, est maigre; large et mple, c'est celui d'un sentiment vrai. Point de gestes trécis ou cassés; quand on n'a plus de gestes à faire, il ut doucement et par degré laisser revenir les bras près corps. L'âme du bras est dans le coude. C'est dans le ude que le mouvement commence: pour hausser le is, haussez le coude; en élevant le coude, vous arronsez le bras. Le geste est le mouvement du bras et non ui de la main. Ce principe est bien simple, cependant st le plus fécond. Ce qui rend le geste pénible et gauche, st qu'on ne laisse pas tomber son bras à propos, ou on le laisse tomber à tout propos. En cela consiste le

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

FABRICANT DE VERRE

ET

CRISTAL.

TOME PREMIER.

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'*Encyclopédie-Roret* leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il porte la signature de l'Editeur.

MANUELS-RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET DU VERRIER ET DU FABRICANT DE GLACES, CRISTAUX PIERRES PRÉCIEUSES FACTICES VERRES COLORÉS, YEUX ARTIFICIELS, etc.

PAR MESSIEURS

JULIA DE FONTENELLE ET F. MALEPEYRE.

TOME PREMIER.

PARIS

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,

RUE HAUTEFEUILLE, 12.

1854.

INTRODUCTION.

La découverte du verre est un des plus beaux présents que le hasard ait fait à l'homme, car tout nous porte à croire que cette découverte, comme un grand nombre d'autres, est plutôt le fruit du hasard que du génie. Il est impossible de remonter à son origine; nous savons seulement qu'elle date de la plus haute antiquité, et que le verre fut connu des Hébreux, puisque Moïse en fait mention dans la *Bible*. Le verre était alors classé parmi les objets les plus précieux : saint Jean dit (1) qu'*au devant du trône de Dieu, il y avait une mer de verre semblable à du cristal*. Ailleurs, il annonce (2) que *le bâtiment de la muraille de la cité céleste était de jaspe, mais que la cité était d'or pur, semblable à du verre très-pur*. On trouve aussi dans le livre de *Job* (3), que l'or ni le verre ne sont point égaux à la sagesse de Dieu. Cette comparaison tend à démontrer non-seulement l'antiquité du verre, mais encore le prix qu'on y attachait.

Ces témoignages de l'antiquité du verre ne constatent pas l'époque de sa découverte. Haudicquer de Blancourt (4) l'attribue à Tubalcain, parce que, dit-il, étant le premier qui a travaillé les métaux, il n'a pu éviter d'en réduire quelques-uns à l'état de verre. *Ferrandus Imperatus* dit qu'il fut dû à l'action d'un feu violent dans les fourneaux, qui dût vitri-

(1) *Apocalypse*, chap. IV, v. 6.
(2) Chap. XX, v. 18 de la *Cité céleste*.
(3) Chap. XXVIII, v. 17.
(4) *Art de la Verrerie*.

fier les terres dans certaines circonstances. Quelques auteurs des temps reculés assurent qu'Hermès fit connaître la fabrication du verre aux Egyptiens, et que, depuis, ces peuples se sont rendus très-célèbres dans cet art (1), au point que Flavius Vospicus, en parlant d'Alexandrie, dit que *personne n'y vit dans l'oisiveté, les uns y faisant du verre*, etc. L'auteur de l'*Essai sur les Merveilles de la Nature* assure que le limon du lac Cendovia, situé au pied du mont Carmel, fut la première matière qui servit à faire le verre. « Des mariniers, dit-il, voulant faire un trépied à leur marmite, descendirent à la plage de ce lac, prirent de ce sable, qu'ils mêlèrent avec du nitre dont leur nef était chargée, et faisant feu sous la marmite, ils virent couler *une noble liqueur* comme *cristal glissant*, ou *pierreries fondues*, d'où ils apprirent à faire le verre. » L'anecdote, rapportée par Pline, des marchands jetés par la tempête sur les bords du fleuve Bélus, etc., paraît une répétition de la précédente, et ne mérite, sans doute, pas plus de croyance. Il paraît que l'on a cru à cette origine du verre, parce que Agricola (2), Strabon (3) et Pline (4), disent que le sable des bords de ce fleuve est très-chargé de nitre (c'est ainsi qu'on appelait alors le natron), et qu'il se convertit aisément en verre dans les fourneaux. Ce fait n'offre rien d'extraordinaire : nous savons qu'il existe en Egypte, dans la Hongrie, etc., un grand nombre de lacs de natron ; ne serait-ce pas à cette circonstance que les Egyptiens durent leur facilité pour la fabrication du verre ? Chez les Romains, les ouvrages très-transparents en verre étaient considérés comme des objets très-précieux. L'histoire rapporte que Néron paya 50,000 francs deux coupes de verre

(1) Les Egyptiens avaient atteint une certaine perfection dans la fabrication des verres incolores et colorés, ainsi qu'on peut le voir dans les différents ouvrages qu'on rencontre dans les cabinets des curieux, au Musée, Galerie Passalacqua, etc.

(2) *Traité des Fossiles*.

(3) Lib. XII.

(4) Lib. VI.

avec leurs anses; cela prouve qu'ils n'étaient pas encore bien habiles dans cette fabrication, et dément l'anecdote du verre malléable présenté à Tibère, rapportée par Pline, Cassius et Isidore, qu'ils racontent de la manière suivante : Un architecte ayant relevé d'une manière admirable un grand portique qui penchait d'un côté, et rassuré ses fondements, Tibère le paya et le fit chasser de Rome avec défense d'y entrer. L'architecte ayant trouvé le moyen de rendre le verre malléable, s'empressa de revenir à Rome et de le présenter à ce prince. Celui-ci lui ayant demandé si quelqu'un connaissait son secret; sur sa réponse négative, il lui fit couper la tête sur-le-champ, de crainte que, son secret étant divulgué, le verre, s'il était malléable, ne devînt plus précieux que l'or. Haudicquer de Blancourt, qui est disposé à ajouter foi à tous les récits merveilleux, sans aucun examen, dit qu'un savant présenta au cardinal de Richelieu une statue en verre malléable, et que, pour des raisons politiques qu'il crut avoir, pour les conséquences de ce secret, il condamna l'auteur à une prison perpétuelle. Enfin toute la secte alchimique, si enthousiaste du merveilleux, et qui était fermement persuadée que rien ne pouvait échapper à ses investigations, attribuait cette prétendue malléabilité du verre à son *élixir blanc*, avec lequel on pouvait convertir aussi les cristaux en vrais diamants très-fins, et, avec l'*élixir rouge*, en rubis fins et autres pierres précieuses. Nous ne pousserons pas plus loin ces rêveries des alchimistes; l'esprit philosophique les a réduites à leur juste valeur.

L'usage des vaisseaux en verre était connu bien avant le verre à vitre. Il paraît que celui-ci ne date que du troisième siècle, et qu'il ne devint même commun que longtemps après (1). Insensiblement on a abandonné les plaques de mica ou de corne, qui servaient de vitres, et l'emploi de

(1) *Falconer's paper on this subject, Manchester's memoirs*, II, 95, *and D. Merret's preface to his lâtin translation of Neri's art of glass making.*

celles en verre les a remplacées, depuis le palais des rois jusqu'à l'humble chaumière ; enfin les ouvrages en verre ont été si multipliés, et leur fabrication a été portée à un tel point de perfection, que ce genre d'industrie est un des plus remarquables de l'exposition des produits industriels français. On comptait il y a trente ans en France environ cent quatre-vingt-cinq fabriques de verreries de toute espèce, dont M. le comte Chaptal a évalué le produit à 20,500,000 francs. Sur cette somme, le cristal peut être porté pour une valeur de . . . . 2,500,000 fr.

Le verre blanc, carreaux de vitre, gobeletterie, etc., pour celle de. 8,000,000

Le verre noir. 10,000,000

Le combustible forme généralement un dixième de la valeur ; la main-d'œuvre, environ un quinzième ; la matière première, un tiers. L'entretien des pots, les frais d'établissement, et le bénéfice du fabricant, le reste.

Lorsque l'on commença à fabriquer la verrerie en France, nos rois, voulant encourager cette branche importante d'industrie, reconnurent pour gentilshommes ceux qui travaillaient à cet art, et leur accordèrent de grands et beaux privilèges dont le principal était de travailler eux-mêmes et de faire travailler à cette fabrication, sans déroger à leur noblesse ; aussi les nobles verriers ne reçurent-ils ensuite que des gentilshommes pour verriers. Bientôt on se relâcha un peu sur ce point, et, par la suite, les nouveaux verriers crurent qu'il suffisait d'avoir obtenu un privilège de fabrication de verre pour être anobli. Le peuple les crut sur parole, et la noblesse, alors passablement ignorante, se contenta de les qualifier de *savonnettes à vilain*. La révolution fit disparaître tous ces privilèges, et les nobles comme les plébéiens jouissent des mêmes droits, et ne se distinguent entre eux que par la supériorité de leurs produits.

On a beaucoup écrit sur l'art de la verrerie, mais la plu-

part des ouvrages qui ont paru sont empreints de vieilles routines et de rêveries alchimiques; quelques-uns cependant offrent des pratiques utiles. De nos jours Loysel est le premier qui s'est attaché à porter dans cet art le flambeau de la chimie; après lui, Bastenaire-Daudenart s'est appliqué à le mettre plus au niveau des connaissances actuelles; il a donc rajeuni les préceptes de Loysel, et y a ajouté ceux qui ont été le fruit des travaux plus récemment entrepris. Il est à regretter que cet estimable auteur n'ait pas eu des connaissances chimiques plus étendues; cependant, son ouvrage, tel qu'il est, contient d'excellentes choses, et nous n'hésitons pas à avouer que nous lui avons fait de nombreux emprunts, de même qu'à celui de M. Loysel, et aux Mémoires de MM. Laugier et Mérimée, etc. Nous avons puisé aussi dans les meilleurs ouvrages de chimie, français et anglais, tout ce qui pouvait contribuer à jeter un nouveau jour sur cet art important.

Pour plus d'ordre et de clarté, nous avons divisé ce travail en cinq parties.

La première embrasse l'étude et la préparation des oxydes terreux (alumine, silice), métalliques et alcalins (potasse et soude), ainsi que des acides et des sels qui sont employés dans la fabrication des verres blancs et colorés.

La deuxième partie comprend trois sections: la première est consacrée à la construction des fours divers de verrerie, d'après les principes modernes de la chimie; la deuxième, à la fabrication des creusets ou pots; et la troisième, à la théorie de la combustion et à l'emploi des combustibles.

La troisième partie se divise en deux sections: la première comprend la fabrication des verres divers, la connaissance de ses imperfections, les moyens d'y obvier, la manière de graver et d'incruster dans le verre, de faire les yeux artificiels, etc.; la seconde traite des verres colorés. Cette partie était portée dans le seizième siècle à un point de perfec-

tion où nous n'avons pu encore atteindre, comme l'attestent les vitraux de l'église de Saint-Ouen de Rouen, de Saint-Just et Saint-Paul à Narbonne, de Notre-Dame, et de tant d'autres églises d'une architecture gothique.

La quatrième partie se rattache à la fabrication des glaces, à leur dégrossi et douci, à leur polissement et à leur mise au tain.

La cinquième partie renferme l'imitation du diamant et pierres précieuses, au moyen du strass coloré par des oxydes ou des sels métalliques.

Pour mettre cet ouvrage au niveau des connaissances actuelles, et justifier la bienveillance dont le public et les journaux ont constamment honoré nos productions, nous avons cru devoir nous livrer à un grand nombre de recherches, et nous convenons avec franchise que, loin de chercher à nous approprier le travail d'autrui, par le seul changement de quelques mots, ou en cherchant à déguiser leur pensée, nous avons préféré rendre à chacun ce qui lui est dû, transcrire littéralement ce qu'ils ont publié de meilleur, et indiquer scrupuleusement les sources où nous avons puisé. L'impartialité a réglé notre conduite, et imposé silence à l'amour-propre, parce que, dans l'étude des sciences et la pratique des arts, le but principal doit être de contribuer à en reculer les bornes, et non de calculer sur le degré de gloire qui doit nous en revenir. A l'exemple des Lavoisier, des Berthollet et de plusieurs autres chimistes célèbres, un auteur ne doit jamais oublier qu'il écrit pour l'utilité publique, et nullement pour tirer vanité de ses productions.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DU

FABRICANT DE VERRE

ET

DE CRISTAL.

PREMIÈRE PARTIE.

Cette partie comprend cinq sections :
1° Les *oxydes métalliques.*
2° Les *oxydes alcalins.*
3° Les *oxydes* et *sels* propres à la coloration.
4° Les *acides.*
5° Les *sels.*

PREMIÈRE SECTION.

OXYDES MÉTALLIQUES.

Les oxydes métalliques sont le produit de l'union d'un métal avec le gaz oxygène (1). Plusieurs métaux n'en absorbent qu'une seule proportion, tandis qu'il en est d'autres qui, en s'unissant à plusieurs, constituent divers oxydes qu'on dési-

(1) Le gaz oxygène est un gaz incolore, inodore, insipide, d'un poids spécifique qui est à celui de l'air comme 1,1025 est à 1000 ; il est le seul propre à la combustion et à la respiration ; il entre dans la composition de l'air pour 0,21 ; les autres 0,79 sont de l'azote. Il est aussi connu sous les noms d'*air vital*, *air pur*, etc.

gne par les mots *proto, deuto, trito* et *per,* suivant leurs degrés d'oxygénation ; ainsi, *proto* annonce le premier degré, et *per* le *summum* ou le dernier.

La plupart des oxydes métalliques furent connus en même temps que leurs métaux, quelques-uns même avant eux ; on leur avait donné le nom de chaux ou terres métalliques. Stahl et ses sectateurs les regardèrent comme des métaux privés de phlogistique, qu'il suffirait de leur rendre, au moyen du charbon, pour les revivifier. Lavoisier et tous les chimistes modernes ont reconnu que les oxydes métalliques, bien loin d'être des métaux dépouillés d'un corps, étaient au contraire des combinaisons, en diverses proportions, de ces mêmes métaux avec l'oxygène. C'est donc à Lavoisier que nous devons les connaissances les plus précieuses sur la nature de ces composés ; après ce célèbre et infortuné chimiste, Davy démontra, par un grand nombre d'expériences, que les terres et les alcalis étaient des oxydes métalliques. Berzélius a complété leur histoire, en annonçant que les proportions diverses d'oxygène, dans la combinaison des oxydes d'un même genre, étaient soumises à des lois invariables.

Nous connaissons plus de cent oxydes, qui ont été plus ou moins étudiés. Nous allons présenter leurs principales propriétés physiques et chimiques, afin qu'on puisse acquérir des connaissances suffisantes pour les reconnaître.

Propriétés physiques.

Les oxydes métalliques sont tous solides et cassants ; réduits en poudre, ils ont un aspect terne, à l'exception de celui de l'osmium ; ils sont inodores, presque tous insipides, le plus grand nombre diversement colorés, d'un poids spécifique supérieur à celui du métal et à celui de l'eau, ceux de potassium et de sodium exceptés. Ils n'exercent aucune action sur l'infusion de tournesol, à moins qu'il n'ait été rougi par un acide : alors, en le neutralisant, ils rétablissent sa couleur. Certains colorent en vert le sirop de violettes et font passer au rouge la couleur jaune du curcuma.

Propriétés chimiques.

Soumis à l'action du calorique, il est des oxydes qui n'éprouvent aucun changement ; d'autres perdent une partie de leur oxygène, tandis que d'autres s'oxydent encore plus ; enfin il en est qui se revivifient. Deux oxydes seuls sont volatils : ce sont ceux d'*arsenic* et d'*osmium*. Il en est qui sont infusibles dans nos meilleurs fourneaux de forge ; de ce nombre sont les protoxydes de *baryte*, de *chaux*, de *strontiane*,

et plusieurs autres qui, avant de se fondre, abandonnent leur oxygène. En général les métaux très-fusibles donnent des oxydes qui partagent cette propriété; le *bismuth*, le *plomb*, le *potassium*, le *sodium*, etc., nous en offrent un exemple.

La lumière n'agit que sur les oxydes qui abandonnent facilement l'oxygène, comme ceux d'or, d'argent; encore même cette action n'est pas bien démontrée.

A l'exception des prétendus oxydes de la première section de M. Thenard, tous les autres peuvent être décomposés par une pile d'environ cent paires; quant à l'action du fluide magnétique, on n'a encore trouvé que les proto et deutoxydes de fer qui fussent magnétiques.

Action de l'oxygène et de l'air. Ce gaz humide est absorbé à froid par quelques oxydes; sec, on n'a aucune connaissance de cette absorption, à moins de citer l'action du protoxyde de potassium sur ce gaz qui se convertit en deutoxyde, ce que Thenard attribue à la chaleur qu'il suppose se développer lors de la formation du protoxyde, et qui doit favoriser la nouvelle oxydation. Au rouge cerise, plusieurs oxydes s'emparent d'une autre quantité d'oxygène qu'ils retiennent avec beaucoup de force à cette température, tandis qu'il en est d'autres (ceux de la sixième section) qui l'abandonnent. L'air agit également sur les oxydes, avec cette seule différence, que ceux qui sont susceptibles de se combiner avec l'acide carbonique, absorbent celui de l'air, et passent à l'état de sous-carbonates et même de carbonates.

Action du gaz hydrogène. A froid, elle est nulle; à une température plus ou moins élevée, il est sans action sur ceux de la première section, fait passer à l'état de *protoxydes*, les *deuto* et *peroxydes* de la seconde, et réduit presque tous les autres. Il se forme alors de l'eau, par la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène des oxydes. Dans le Manuel de Minéralogie, de l'*Encyclopédie-Roret*, nous avons donné les moyens à pratiquer pour ces opérations.

Action du carbone. L'action de ce combustible sur les oxydes est d'autant plus intéressante à reconnaître, qu'elle est de la plus haute importance tant pour l'exploitation des mines, que pour savoir le rôle qu'il joue dans certains mélanges employés à la fabrication du verre et des glaces. L'expérience a démontré que le charbon végétal qui, sauf quelques substances étrangères, constitue le carbone, réduit tous les oxydes métalliques à un degré de température plus ou moins élevé, à l'exception cependant de ceux de la première section, qu'on ne place parmi les oxydes que par analogie,

ainsi que les oxydes de *baryum*, de *calcium*, de *lithium* et de *strontium*, dont les deutoxydes, à l'exception de celui de lithium, passent à l'état de protoxydes. En agissant sur les oxydes, le carbone s'unit à leur oxygène, et forme deux composés, suivant les proportions d'oxygène qu'il absorbe ; ainsi :

1° Il passe à l'état d'oxyde, si l'oxyde métallique est difficile à réduire, quelles que soient d'ailleurs les proportions de charbon qu'on ait employées; ou bien si cette réduction n'est pas bien difficile, et qu'on mette un excès de charbon.

2° Il passe à l'état d'acide carbonique, si la réduction est facile, comme si la quantité d'oxyde l'emporte sur celle du charbon. Il est des cas où il se produit en même temps du gaz oxyde de carbone et du gaz acide carbonique.

Nous ne pousserons pas plus loin l'examen des propriétés chimiques des oxydes; nous renvoyons à notre *Manuel de Chimie*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret ;* nous nous bornerons à dire qu'on divise les oxydes en terreux, alcalins, et non alcalins. Nous allons examiner ceux qui entrent comme principes constituants du verre, ou comme matières colorantes.

OXYDES TERREUX.

Les oxydes terreux sont au nombre de sept : ce sont les oxydes de

Silicium ou silice,
Zirconium ou zircone,
Thorinium ou thorine,
Aluminium ou alumine.
Yttrium ou yttria.
Glucinium ou glucine.
Magnesium ou magnésie.

Il est aisé de voir qu'on a changé la terminaison de ces terres en *ium*, qu'on a donnée aussi aux métaux nouvellement découverts. La *silice*, l'*alumine* et la *magnésie* sont les seules qui sont employées dans la vitrification, et principalement la silice, qui est la base principale du verre. A cause du rôle important qu'elle joue dans cette combinaison, ce sera la première terre dont nous nous occuperons.

SILICE OU OXYDE DE SILICIUM.

La silice doit-elle être considérée comme un oxyde, ou bien comme un acide? Nous sommes porté à adopter cette dernière opinion, puisque cette terre, dans son union avec les autres oxydes, agit comme les acides, ce qui a fait donner à ces combinaisons le nom de *silicates*. M. Beudant a consacré celui de silicides aux corps formés par l'oxyde de silicium seul ou combiné avec divers autres oxydes. Dans le

Manuel de Minéralogie , j'en ai fait une classe sous le nom de *silicoxydes*.

De temps immémorial la silice est connue sous les noms de *cristal de roche*, *quartz*, *silex*, *petrosilex*, *pierre à fusil*, *grès*, *terre vitrifiable*, suivant son degré de pureté, sa couleur, sa transparence, etc. Cette terre forme seule ou est partie constituante d'un genre de substances pierreuses, particulières, qui ont pour signes caractéristiques d'être fort dures, de faire feu au briquet, et de donner, par la fusion avec les alcalis, des produits vitreux (1).

Dans les roches de première formation ou primitives, la silice, avec le mica et le *feldspath laminaire*, forment le granit, qui est la couche qui se rapproche le plus du noyau de la terre ; elle est aussi un des principes constituants du *gneiss*, du *schiste micacé* ou *mica-schiste*, du *porphyre ancien*, du *trapp primitif*, et de la plupart des autres roches primitives. Seul, le quartz forme la neuvième espèce des roches de première formation de Werner. Il est alors en petites couches, presque toujours blanc, rarement stratifié ; il contient quelquefois du mica, qui lui donne une structure schisteuse, etc. Dans les roches secondaires ou stratiformes, la silice est un des constituants du *grès rouge ancien* et de la plupart des autres grès. Dans les terrains primitifs et intermédiaires, le quartz est en couches plus ou moins considérables ; dans les fentes de ces mêmes rochers on le trouve en très-beaux cristaux prismatiques, terminés par un sommet hexaèdre. Ces cristaux sont souvent très-gros, très-beaux, et presque toujours très-purs et très-blancs ; quelquefois ils sont diversement colorés par des oxydes métalliques : c'est dans ce dernier état que la silice est la base de toutes les pierres précieuses connues sous le nom de *gemmes*, si l'on en excepte cependant le *diamant*, le *saphir* et le *spinelle*. Il y a tout lieu de croire que la cristallisation de la silice est due à

(1) Les pierres vitrifiables ou siliceoses peuvent quelquefois être confondues avec les carbonates et sulfates calcaires cristallisés. Voici la manière de les reconnaître : 1° Les silex font feu au briquet, et ne font point effervescence avec les acides ; 2° les carbonates calcaires, ou *pierres à chaux*, ne font point feu au briquet, et font effervescence avec les acides ; 3° les sulfates de chaux, ou *pierres à plâtre*, ne font ni feu au briquet, ni effervescence avec les acides. Exposés à l'action de la chaleur, ils perdent leur transparence, et se réduisent en une poudre blanche, qui est le sulfate calcaire, qui a perdu une grande partie de son eau de cristallisation.

Quant aux pierres ou terres alumineuses, elles happent à la langue. Les magnésiennes sont grasses au toucher. Ces notions nous ont paru utiles au verrier pour la distinction des terres qu'il pourrait découvrir.

sa solution dans l'eau (1), car les molécules siliceuses, qui ne sont unies que dans un simple état d'agrégation, donnent lieu à des pierres non transparentes et d'un grain plus ou moins fin, telles que les grès divers, le sable siliceux, etc. (2).

Comme la silice est une des parties les plus essentielles de l'art du verrier et du fabricant de glaces, on nous pardonnera de nous être étendu sur ce sujet, et d'avoir fait connaître les diverses formes sous lesquelles on la trouve dans la nature.

Première espèce.

A. Quartz.

Le quartz ordinaire est d'un blanc plus ou moins beau et d'autres fois coloré en gris, ou en blanc rougeâtre. On le trouve en masse, disséminé, sous diverses formes imitatives, en véritables cristaux prismatiques, à six pans, terminés par un sommet hexaèdre; quelquefois c'est une pyramide simple à six faces ou en dodécaèdre à double pyramide. Le quartz est d'une belle transparence, dur, pesant, fait feu au briquet et est réputé infusible; son poids spécifique est de 2,6 à 2,7. Il est composé de

Oxygène.	50
Silicium.	50

VARIÉTÉS.

Le quartz offre un grand nombre de variétés qui sont produites par celles de forme et de structure, ainsi que la coloration chimique ou mécanique, par le jeu de lumière, l'éclat, l'odeur, etc.

§ 1. *Variétés de forme.*

Cristal de roche, *cristallisé* en rhomboèdres obtus, en prismes pyramidés, en dodécaèdres bipyramidaux, en stalactites drusiques. *Cristal pseudomorphique*, en carbonate de chaux, en sulfate calcaire lenticulaire, en fer oligiste, en carbonate de chaux agglutinant du sable quartzeux (grès de

(1) On regarde la silice comme étant insoluble dans l'eau; il paraît que ce liquide ne la dissout qu'en raison de l'affinité des masses, si bien reconnue par M. Berthollet.

(2) MM. les verriers ne doivent point confondre le sable siliceux avec le sable calcaire, qui n'est autre chose qu'un carbonate de chaux, tandis que le sable siliceux est formé par le quartz coloré par un oxyde métallique. Celui-ci ne fait point effervescence avec les acides, et ne s'y dissout point; le sable calcaire s'y dissout avec une vive effervescence.

Fontainebleau). *Cristal* en incrustation cristalline sur divers genres de cristaux. *Cristal* en cristaux, groupés sous forme de roses, etc.

§ 2. *Variétés de structure.*

Quartz à clivage rhomboédrique (rare). *Quartz laminaire* ou en lames. *Quartz stratoïde :* les couches sont parfois globuleuses et convexes; mais le plus souvent elles sont polyédriques et concentriques. *Quartz compacte :* cette sous-variété est diaphane, translucide, opaque et laiteuse. *Quartz fibreux :* couleur verdâtre ou blanc jaunâtre, en masse et en morceaux roulés, en concrétions fibreuses courbées, peu éclatant, d'un éclat nacré; la cassure est schisteuse, courbe; il est translucide sur les bords. *Quartz saccharoïde* (rare), ou formé par des groupes de cristaux très-petits. *Quartz grenu*, à grains plus ou moins gros : il est simple ou micacé. *Quartz schisteux*, mêlé avec le mica. *Quartz arénacé* : en cet état il est quelquefois pur; mais plus souvent micacé, argileux, etc. *Quartz bulleux*, rempli de bulles dues à un liquide et à un gaz que M. Davy a reconnu être de l'eau avec de l'azote pur, qui s'y trouve dans un état de six à dix fois plus rare que l'air. *Quartz treillisé :* la cassure offre des lignes courbes croisées qui décrivent des stries, etc.

§ 3. *Variétés de couleurs dues à des mélanges mécaniques.*

Argentin : cette sous-variété contient du mica nacré ou coloré en jaune blanc. *Argentin amphiboleux* (prase), probablement mélangé avec de l'amphibole. *Argentin chloriteux*, avec le mica verdâtre. *Argentin ferrugineux rouge* (sinople), et *jaune* (eisenkiesel), avec du peroxyde ou de l'hydroxyde de fer. *Argentin hématoïde*, avec l'argile ferrugineuse.

§ 4. *Variétés de couleurs dues à des combinaisons chimiques.*

Quartz rose, bleu, saphirin, saphir d'eau : très-rare et très-difficile à déterminer. *Quartz jaune ;* on le confond aisément avec la topaze du Brésil, quoiqu'il existe cependant, entre ces deux pierres, une différence bien marquée, puisque la topaze raie ce quartz, que l'on nomme aussi *fausse topaze*, *topaze de Bohême*. *Quartz vert*, cassure quelquefois rayonnée. *Quartz violet*, améthyste. *Quartz rose*, ou *rubis de Bohême* (1). *Quartz brun*, ou *enfumé :* cette couleur est quelquefois assez intense pour paraître noirâtre.

(1) Cette teinte est due à de l'oxyde de manganèse; il la perd par une longue exposition à l'air, et devient laiteux ; c'est le quartz laiteux des Allemands.

§ 5. *Variétés produites par effet de lumière.*

Quartz chatoyant : il est aussi très-connu sous le nom d'œil-de-chat. *Quartz opalissant :* translucide sur les bords, peu éclatant, cassure conchoïde. *Quartz irisé :* cet effet doit être attribué à la décomposition de la lumière dans les fissures. *Quartz aventurine :* cet état est dû, soit à un mélange micacé, ou bien à la décomposition de la lumière entre les grains qui en constituent la masse.

§ 6. *Variétés d'éclat.*

Quartz vitreux : il a l'aspect et l'éclat du verre. *Quartz résineux :* il a l'aspect et la couleur de la résine. *Quartz terne. Quartz gras*, etc.

§ 7. *Variétés d'odeur.*

On connaît une variété du quartz qui, lorsqu'on le frotte, exhale une odeur alliacée, qu'il perd par l'action du calorique ou par une longue exposition à l'air.

Il existe encore un grand nombre d'autres variétés de quartz ; c'est une des familles minérales les plus étendues, et l'on peut dire que c'est une de celles qui, par la variété des formes, la beauté des échantillons, la diversité et la richesse des couleurs, fait le plus bel ornement des cabinets de minéralogie.

Le quartz, uni, à quelques oxydes, constitue aussi certaines pierres assez estimées. De ce nombre sont :

1° La *calcédoine*, qui comprend un grand nombre de sous-espèces : la plus commune est blanche, grise, jaune, brune, bleue et verte ; celle en vert noirâtre, lorsqu'on la regarde à travers le minéral, paraît passée en rouge de sang. La calcédoine est plutôt lithoïde que hyaline ; elle est opaque ou translucide, fait feu au briquet, est infusible, et blanchit par le calorique sans dégagement d'eau. Son poids spécifique, pure, est de 2,9. Sa composition chimique est la même que celle du quartz. Elle offre des variétés de *forme*, de *structure*, d'*éclat* et de *couleur*.

2° La *sardoine*. C'est une des variétés de couleur de la calcédoine : aussi la nomme-t-on la *calcédoine jaune*, ou *cornaline jaune* de Werner. Sa couleur; qui est ordinairement d'un jaune orangé, ou bistre, offre des nuances d'un brun foncé, d'un brun jaunâtre, etc. ; on en trouve aussi d'incolore.

3° La *chrysopase* est toujours en masse, à cassure unie, et parfois écailleuse, presque pas d'éclat, moins dure que la

calcédoine, couleur tirant sur le vert pomme ; poids spécifique, 2,479 ; par la chaleur perd sa transparence et blanchit. C'est une des variétés de couleur de la calcédoine. On attribue sa coloration à environ 0,01 d'oxyde de nickel qu'elle contient.

4° La *cornaline*. Celle de couleur rouge de sang est la plus estimée; cette couleur varie, dans certaines, du rouge de chair au blanc rougeâtre, au blanc de lait, au jaune, etc. Son éclat est très-grand ; elle est transparente ; son poids spécifique est de 2,6. L'analyse chimique y a démontré, pour 100 parties,

Silice.	94
Alumine.	3,05
Oxyde de fer.	0,75
Perte.	2
	100

5° L'*agate*. Cette pierre offre un grand nombre de variétés dues à la diversité de ses principes constituants, qui sont : le *quartz*, le *jaspe*, l'*améthyste*, l'*opale*, la *cornaline*, etc. Les principales sont : l'*agate rubanée*, l'*agate herborisée*, l'*agate moka*, l'*agate breccie*, ou en *brèche*, l'*agate fortification*. Lorsqu'elle est sciée transversalement et polie, elle présente à l'intérieur des lignes qui ont l'apparence d'une fortification moderne.

Les agates les plus estimées sont celles qui présentent à leur intérieur quelque animal ou quelque plante bien dessinée.

B. Quartz terreux.

Cette espèce est la plus importante à connaître pour les verriers, parce qu'elle est très-commune et peu coûteuse. On les distingue : en *silice nectique*. Agrégée à structure lâche, terreuse, qui donne à la matière plus ou moins de légèreté.

Silice pulvérulente. Elle est tantôt rude au toucher et tantôt douce. M. Beudant pense que c'est à cette variété qu'on doit rapporter la *konilite* de M. Mac Culloch.

Dans les diverses espèces de quartz et dans ses variétés, la silice se trouve à l'état *anhydre*, c'est-à-dire privée d'eau ; unie à ce liquide, elle donne lieu à une deuxième espèce que nous allons décrire.

Deuxième espèce.

Hydroxyde de Silicium.

Cette espèce diffère de la précédente, en ce que l'oxyde de

silicium ou la silice est à l'état d'hydrate, c'est-à-dire uni à l'eau.

Opale.

Cette pierre est amorphe, translucide, à cassure conchoïde, d'un poids spécifique qui varie entre 1,958 et 2,540; par son exposition à l'air, elle durcit et perd de son volume. Nous ne décrirons point ici les propriétés de l'opale ; nous nous bornerons à dire que *Jameson* en a décrit sept variétés, qui sont :

1° L'*opale orientale*, dite également *noble* ou *précieuse* (1);

2° L'*opale commune*. Blanc de lait très-éclatant, avec une diversité de nuances, telles que le grisâtre, le jaunâtre, le verdâtre, etc.;

3° L'*opale feu*. Elle est rouge hyacinthe, très-éclatante, très-transparente;

4° *Opale mère de perle*, ou *cacholong;*

5° *Demi-opale*. Très-commune. Diversité de couleurs, qui sont : le blanc, le gris, gris verdâtre, gris jaunâtre, gris noirâtre, gris de cendre, vert pomme, vert poireau, vert olive, brun, etc. ;

6° *Opale jaspe* ou *opale ferrugineuse*. C'est un véritable silicate de fer ;

7° *Opale ligniforme*. C'est, à proprement parler, du bois imprégné d'opale.

Voici les constituants de la plupart de ces opales.

	Noble.	Commune.	Feu.	Demi-opale.
Silice.	90	93,5	92	85
Eau..	10	5	7,75	»
Oxyde de fer.. . . .	»	1	0,25	1,75
Alumine.	»	»	»	3
Carbone.	»	»	»	5
Eau ammoniacale. . .	»	»	»	8
Huile bitumineuse. .	»	»	»	0,38

On voit par ces analyses que l'opale noble est de la silice pure unie à un dixième d'eau, et que les opales *commune* et *feu* sont colorées par l'oxyde de fer. La demi-opale s'éloigne des autres par ses constituants. Il est difficile de concevoir, dans cette pierre, l'existence de l'eau ammoniacale et d'une huile bitumineuse, à moins de les attribuer à la décomposition d'une matière organique, pendant leur analyse.

(1) Sa couleur est blanc de lait : elle jouit de la propriété d'émettre divers rayons colorés avec un reflet particulier, quand on la met entre la lumière et l'œil. Les autres peuvent acquérir cette propriété par une longue exposition aux rayons solaires.

La silice se trouve encore, dans la nature, unie à diverses autres terres dans un état salin, dans lequel elle agit comme acide; nous aurons occasion de revenir sur ce sujet; nous allons maintenant nous occuper de la silice dans son état de pureté, de ses diverses propriétés, et des moyens de la préparer.

De la Silice pure, de ses combinaisons, et des moyens de l'obtenir.

Pott paraît être le premier chimiste qui, en 1746, ait décrit les propriétés des pierres quartzeuses qu'il nomma *terres siliceuses*, parce qu'il les crut formées d'une terre particulière appelée *siliceuse*, ou *silice*, que Glaubert avait déjà reconnue, et à laquelle on devait un procédé pour l'obtenir. Geoffroy (1), Baumé (2) et Pott lui-même (3), se trompèrent sur sa nature; le premier crut qu'on pouvait la convertir en chaux, et, les deux derniers en alumine: le premier devait avoir opéré sur un carbonate calcaire cristallisé, et les deux autres chimistes sur des silicates alumineux. Quoi qu'il en soit, ces erreurs furent victorieusement détruites par Bergmann (4), Cartheuser (5) et Scheele (6). C'est Bergmann, surtout, qui en fit le mieux connaître les propriétés. Depuis, les chimistes modernes ont bien étudié cette terre; mais c'est principalement à Davy, comme nous le dirons bientôt, que nous devons la découverte de sa nature métallique.

Préparation de la Silice.

Les beaux échantillons de quartz, ou cristal de roche, bien incolore et transparent, ne contiennent presque que de la silice pure. Cependant, pour l'obtenir dans un état certain de pureté, on prend des pierres siliceuses ou mieux du quartz pulvérisé, on en mêle une partie avec trois de potasse ou de soude; on fait fondre ce mélange dans un creuset. La matière fondue est dissoute dans de l'eau; et, après avoir saturé la potasse par l'acide hydrochlorique, on évapore à siccité. Le résidu, après avoir été lavé à grandes eaux, offre la silice pure sous forme d'une poudre blanche, quand elle

(1) *Mém. par.*, 1746, *p.* 286.
(2) *Man. de Chimie.*
(3) *Lithogn.*, p. 3, préf.
(4) *Berg. sur les terres géoponiques*, opusc. v.
(5) *Minér. abb.*
(6) Scheele, 1, 191.

est sèche. Tel est le procédé qui a été décrit par Kirwan (1). Les chimistes français mettent dans un creuset deux parties de potasse ou de soude sur une de quartz ; lorsque le mélange a été fondu, on le fait bouillir avec cinq parties d'eau ; l'on filtre et l'on précipite la silice de cette liqueur à l'état d'hydrate, en y versant un excès d'acide sulfurique ; on lave à plusieurs eaux, on fait sécher, et l'on chauffe jusqu'au rouge, pour priver la silice de l'eau qu'elle pourrait contenir.

Il y a des auteurs qui prescrivent jusqu'à quatre parties d'alcali. Il est bon de se servir d'un grand creuset pour pratiquer cette opération, parce que, lors de la réaction de l'alcali sur la silice, il se produit un gonflement considérable dû au dégagement du gaz acide carbonique. Si le creuset n'est pas assez grand, on ne mettra dans le creuset qu'une partie du mélange, et lorsque le bouillonnement aura cessé, on y ajoutera peu à peu le restant (2). Quand la fonte est tranquille, on l'entretient dans cet état pendant un quart-d'heure, on la coule ensuite sur une pierre dure bien unie et graissée ou huilée. C'est cette matière vitreuse qui attire l'humidité de l'air, et qui, dissoute dans l'eau, était appelée par les anciens chimistes liqueur des cailloux.

Pour la fabrication du verre, des cristaux, des glaces et de la porcelaine, des émaux, etc., il deviendrait trop coûteux de préparer ainsi la silice ; le procédé suivant est appliqué avec succès, tant à la pulvérisation du quartz et des silex qui, comme on sait, est très-difficile, qu'à la préparation de la silice dans un état voisin de celui de pureté.

Ce procédé consiste à prendre des fragments de silex calcinés à blanc ; on les nettoie ensuite au moyen d'une brosse ou de l'eau chaude ; on les fait rougir au feu et on les jette encore incandescents dans un baquet rempli d'eau froide ; on réitère cette opération pendant deux ou trois fois ; on les pulvérise ensuite dans un mortier de porcelaine avec un pilon de la même matière ; après cela on broie cette poudre.

Lorsqu'il n'est pas possible d'avoir du silex déjà calciné, on le prend tel qu'on le trouve, de couleur noire ordinairement. Après l'avoir concassé, on le fait bouillir dans l'eau, et

(1) Kirwan's *Mineralogy*, I.

(2) On doit tenir à une température élevée la portion qu'on n'a pas mise dans le creuset, parce que ce mélange attirant l'humidité de l'air, il en résulterait qu'en le projetant ainsi dans la matière rouge fondue, il produirait une grande explosion.

l'on opère comme ci-dessus. Par ce moyen, on obtient une poudre blanche qui est très-belle.

Nous allons maintenant faire connaître les propriétés de la silice : c'est le moyen de contribuer aux progrès des arts dont elle est une des bases principales.

Propriétés de la Silice.

La silice pure est un oxyde très-blanc, insipide et inodore, en poudre fine, rude au toucher et rayant les métaux, d'un poids spécifique égal à 2,66 d'après Kirwan. Elle est inaltérable par le calorique ; Lavoisier et Guyton de Morveaux (1) ne purent la fondre au moyen du gaz oxygène ; cependant, M. de Saussure assure en avoir fondu des particules, qu'on ne distinguait qu'à la loupe, au moyen d'un chalumeau qui développait, pendant cette opération, une température égale à 4,030° du pyromètre de Wedgwood : on parvient cependant à la fondre au chalumeau hydroxygène. La silice est sans action sur les couleurs bleues végétales. L'eau est presque sans action sur la silice ; elle n'en prend environ que 0,001 lorsqu'elle est nouvellement préparée ; elle ne peut cependant absorber 0,25 de son poids d'eau, sans en laisser égoutter ; par son exposition à l'air, elle l'abandonne. Il est bon de faire observer que lorsqu'on la précipite de sa combinaison avec la potasse ou la soude, par l'acide hydrochlorique, au moyen de l'évaporation, à une douce chaleur, la silice retient beaucoup d'eau et forme une espèce de gelée transparente qui, à mesure que l'eau s'évapore, se convertit en une masse blanche. Un peu d'eau suffit pour réduire la silice en une pâte qui ne fait point corps et se réduit par le dessèchement en une masse friable et dépourvue de cohérence.

La silice cristallisée naturellement, ou le quartz, annonce que cette terre, ou cet oxyde, est soluble dans l'eau. On est parvenu à l'obtenir accidentellement cristallisé de la manière suivante, qui se trouve décrite dans le journal de Nicholson. M. Seigling, professeur à Erfurt, avait préparé une liqueur siliceuse, étendue d'une plus grande quantité d'eau qu'à l'ordinaire, et ayant une surabondance alcaline. Cette liqueur était depuis huit ans dans un bocal de verre couvert avec du papier : au bout de ce temps, il s'aperçut qu'elle contenait beaucoup de cristaux. La liqueur surnageante pesait 64 gram. ; sa surface était tapissée d'une croûte cristalline très-

(1) *Journal de l'École Polytechnique*, tome III.

solide qui ne livrait pas passage à la liqueur; au fond du bocal se trouvaient des cristaux de carbonate et sulfate de potasse. La croûte précitée fut examinée par M. Trommsdorf, qui la reconnut pour être formée en partie de carbonate de potasse, et en partie de silice en cristaux en pyramides tétraèdres, groupés, très-transparents, et faisant feu au briquet.

L'air, l'azote, l'oxygène, ni l'hydrogène, n'exercent aucune action sur la silice; il en est de même des combustibles et de toutes les substances métalliques, à l'exception du potassium, comme nous le ferons voir ailleurs. Les acides, à l'exception du fluorique, n'exercent aucune action sur cette terre, même l'acide hydrochlorique lorsqu'elle est sèche; mais lorsqu'elle est à l'état de combinaison, avec un excès d'alcali, cet acide dissout le composé, et le retient en dissolution jusqu'à ce que l'on concentre la liqueur : alors la silice se dépose en gelée.

Avec la plupart des oxydes métalliques, elle s'unit par la fusion et donne lieu à des verres et des émaux qui prennent diverses couleurs. Cette combinaison est surtout remarquable avec les oxydes alcalins, dits alcalis, tels que la potasse et la soude. Non-seulement elle peut avoir lieu par la fusion, mais encore par la voie humide, c'est-à-dire en la faisant bouillir dans une forte solution. On appelle cette solution *liqueur*, ou bien *soude*, ou *potasse silicée*. L'ammoniac est sans action sur cette terre.

La silice est susceptible de contracter des combinaisons chimiques avec certains oxydes terreux ou terres. Dans ces cas, elle paraît y être à l'état salin, et y jouer le rôle d'acide. La nature nous en offre une foule d'exemples. Ces combinaisons sont amorphes ou cristallisées; dans le dernier cas, elles donnent lieu à des minéraux très-curieux, dont plusieurs sont recherchés pour la bijouterie. Nous allons en offrir quelques exemples :

1° L'émeraude est composée de :

Silice.	68
Alumine.	18
Glucine.	14

2° Les grenats, de la manière suivante :

	De fer ou précieux.	De mangan.	Commun.	Mélanite.
Silice.	38	38	38	35,5
Alumine.	20	20	20,6	6

	De fer ou précieux.	De mangan.	Commun.	Mélanite.
Oxyde de fer.	42	»	10,5	22,25
Oxyde de manganèse. .	»	42	»	0,4
Chaux.	»	»	31,6	32,5

3° L'héliotrope :

Silice.	24
Alumine..	67,5
Fer..	5

4° La lazulite, ou lapis-lazuli :

	D'après Klaproth.	D'après Clément-Desormes.
Silice.	46	34
Alumine.	14,5	33
Chaux.	28	»
Oxyde de fer. . .	3	»
Soude.	8	22
Soufre.	»	3
Sulfate de chaux..	6,5	»
Eau.	2	»

Vauquelin pense que cette terre contient de l'oxyde de fer. M. Thenard, considérant que, dans l'analyse de M. Clément, il y a 0,8 de perte, pense qu'il leur est échappé quelque principe. D'après d'autres analyses, le lapis serait composé de :

Silice.	44
Alumine..	35
Soude..	21

Nous pensons que le travail de Clément est exact, puisque Gay-Lussac avait annoncé depuis qu'on était parvenu, en suivant cette analyse, à former de toutes pièces le lapis-lazuli plus beau que le naturel, qu'on pouvait livrer à 25 fr. les 30 gram., au lieu de 50 à 60. Il est à désirer qu'on tente de pareilles recherches pour appliquer les analyses chimiques à la confection des productions naturelles minérales, si recherchées par les lapidaires.

Nous nous bornerons à ces citations ; car la famille naturelle des silicates alumineux et non alumineux est si étendue, que nous en avons cité, dans notre *Manuel de Minéralogie, de l'Encyclopédie-Roret*, soixante-quatorze espèces et leurs nombreuses variétés.

Les chimistes, voulant contribuer aux progrès de l'art du

porcelainier et du verrier, se sont livrés à diverses expériences pour reconnaître l'action des terres sur la silice. Kirwan est un de ceux dont les travaux sont les plus complets; Thomson (1), le docteur Andrew Ure (2), lui ont emprunté les résultats de ses expériences. Dans l'intérêt de l'art, sur lequel nous écrivons, nous croyons indispensable de les reproduire ici.

Action de la Baryte sur la Silice.

Il existe une action bien évidente entre ces deux terres ou oxydes : en effet, si l'on verse de l'eau de baryte dans une solution de potasse silicée, il se produit un précipité qui a été regardé, par Guyton de Morveaux, comme une combinaison de ces deux terres. Vauquelin s'est convaincu qu'en chauffant fortement un mélange de baryte et de silice, on obtient une masse de couleur verdâtre et peu cohérente.

Nous allons rapporter maintenant le résultat des expériences faites par Kirwan sur le même sujet.

(1) *Système de Chimie.*
(2) *Dict. de Chimie.*

PROPORTIONS.	CHALEUR. Pyromètre de Wedgwood.	EFFET.
80 Silice. 20 Baryte.	155°	Une masse blanche cassante.
75 Silice. 25 Baryte.	150°	Une masse dure, cassante, demi-transparente sur les bords.
66 Silice. 33 Baryte.	145°	Fondue en une masse dure, en quelque sorte à l'état d'une porcelaine poreuse.
50 Silice. 50 Baryte.	148°	Une masse dure non fondue.
20 Silice. 80 Baryte.	150°	Les bords furent fondus en une matière d'un vert pâle, tenant le milieu entre la porcelaine et l'émail.
25 Silice. 75 Baryte.	150°	Fondue en une masse, à peu près à l'état de porcelaine poreuse.
33 Silice. 66 Baryte.	150°	Fondue en une porcelaine poreuse, en partie blanche jaunâtre, et en partie blanche verdâtre.

La strontiane agit de la même manière sur la silice.

Action de la Chaux.

La chaux a également de l'affinité pour la silice. Ainsi, l'on en a une preuve en versant de l'eau de chaux dans une liqueur silicée ; il se précipite aussitôt un silicate calcaire. D'un autre côté, si l'on chauffe fortement dans un creuset un mélange de silice et de chaux, on en opérera la vitrifica-

tion toutes les fois que cette dernière sera dans des proportions au moins égales à celles de la silice.

Nous allons exposer dans le tableau suivant le résultat des expériences entreprises par Kirwan.

PROPORTIONS.	CHALEUR. Pyromètre de Wedgwood.	EFFET.
50 Chaux. 50 Silice.	150°	Fondues en une masse blanche, demi-transparente sur ses bords, faisant feu, quoique faiblement, avec le briquet. Elle tenait, en quelque sorte, le milieu entre la porcelaine et l'émail.
80 Chaux. 20 Silice.	156°	Une poudre blanche jaunâtre sans cohérence.
20 Chaux. 80 Silice.	156°	Masse cassante, non fondue.

Action de la Magnésie.

A l'aide de la plus forte chaleur qu'on puisse produire, on parvient très-difficilement, suivant Lavoisier, à fondre un mélange de parties égales de magnésie et de silice. Achard, de Berlin, a reconnu qu'à une température inférieure, et quelles que fussent les proportions de ces deux terres, ce mélange est infusible. Cette propriété de la magnésie la rend propre à être unie à la silice et à l'alumine pour la fabrication des creusets.

Action de l'Alumine.

Thomson a rapporté les expériences de Guyton de Morveaux, d'Achard et de Kirwan à ce sujet. Il en résulte que lorsqu'on mélange parties égales d'une dissolution de potasse silicée et d'une dissolution d'alumine par la potasse, il se forme une zône brunâtre qui, par l'agitation, s'étend, se délaie dans toute la liqueur, et le mélange prend, au bout d'une

heure, une consistance de gelée. Lorsqu'au contraire on réduit ce mélange en pâte avec de l'eau, et qu'on le fait sécher, il forme un tout solide, très-dur. Exposé à une chaleur de 160° du pyromètre, la dureté seule augmente, mais sans fusion. Suivant Achard, ce mélange, en toute proportion, est infusible à une chaleur d'environ 150° de Wedgwood; mais à une très-forte chaleur, il se convertit en une espèce de verre opaque ou plutôt d'émail. Tout le monde sait que les briques, les tuiles, la poterie, la faïence, et même la porcelaine, sont principalemeut produites par le mélange de ces deux terres qui, dans des proportions diverses, constitueut les argiles, sauf quelques substances étrangères.

Des diverses expériences d'Achard, il résulte :

1° Qu'on obtient par la fusion d'un mélange de parties égales de chaux, de magnésie et de silice, un verre de couleur verdâtre, assez dur pour faire feu au briquet;

2° Que le mélange de ces trois terres ne se fond point, lorsque c'est la magnésie qui y entre en plus grande proportion;

3° Que ce mélange fond rarement, si c'est la silice qui prédomine : la fusion n'a lieu en effet que dans les proportions de trois parties de silice, deux de chaux et une de magnésie, qui forment une porcelaine;

4° Enfin, que le mélange est généralement fusible, lorsque c'est la chaux qui entre en plus grande quantité.

Kirwan assure aussi que l'on peut fondre aisément un mélange de silice et d'alumine avec la baryte ou la strontiane et en former une porcelaine verdâtre.

Ce dernier chimiste et Achard se sont convaincus que dans les mélanges de chaux, de silice et d'alumine, il y a généralement fusion en verre ou en porcelaine, suivant les proportions; lorsque c'est la chaux qui prédomine, les seules proportions infusibles sont :

2	3	chaux.
1	1	silice.
2	2	alumine.

Lorsque la silice se trouve dans les mélanges dans des proportions plus fortes, ils sont souvent fusibles en émail ou en porcelaine, et peut-être même en verre; si c'est l'alumine qui prédomine, on peut obtenir souvent une porcelaine, mais il n'y a jamais production de verre.

Si dans ce mélange il y a excès de magnésie, il n'y a point de fusion à 150° de Wedgwood.

Un mélange de parties égales de silice, d'alumine, de

chaux et de magnésie, d'après Achard, donnent un verre par la fusion. Mélangées dans diverses autres proportions, et surtout si la silice prédomine, il y a également fusion.

Nous ne pousserons pas plus loin ces aperçus, qu'on ne trouve encore consignés dans aucun ouvrage sur la verrerie. Nous allons jeter un coup-d'œil sur la nature de la silice.

Décomposition de la Silice, ou Oxyde de Silicium.

Berzélius et Stromeyer, d'après les idées et les travaux de quelques autres chimistes, et surtout de H. Davy, que la silice, comme les autres terres, était un oxyde métallique, essayèrent de former un alliage de silicium avec le fer. A cet effet, ils firent un mélange de trois parties de limaille de fer, une partie et demie de silice et 0,66 partie de charbon; ils l'exposèrent à la plus forte chaleur d'un fourneau à vent. Ce mélange fut converti en globules fondus, blancs, ductiles, d'un poids spécifique de 6,7 à 7,3, tandis que celui du fer employé était de 7,8285. Cette expérience n'était pas concluante, puisque le carbone peut s'unir au fer, lui donner une couleur blanche et une densité moindre. Sir Davy fut plus exact; il fit passer de la vapeur de potassium dans un tube contenant de la silice et chauffé au rouge: il obtint pour produit une poudre de couleur foncée, qui lui parut contenir le silicium; bientôt après, il se convainquit qu'il fallait au-delà de trois parties de potassium pour décomposer une partie de silice. Parmi quelques procédés qui ont été proposés depuis, nous rapporterons, comme le meilleur, celui que M. Thenard a publié. (1)

On prend du fluate double de silice et de potasse ou de soude, que l'on porte à une chaleur voisine du rouge, pour chauffer l'eau hygrométrique; on l'introduit ensuite dans un tube de verre, fermé à l'une de ses extrémités avec des morceaux de potassium qu'on prend soin de mêler avec la poudre, en les échauffant jusqu'à fondre le métal et en frappant légèrement le tube; on chauffe avec la lampe, et, avant la chaleur rouge, il y a une faible détonnation, et le silicium est réduit. On laisse refroidir la masse et on la traite ensuite par l'eau, tant que ce liquide se charge de quelque chose. Il se fait d'abord, dit M. Thenard, un dégagement de gaz hydrogène, parce qu'on obtient du siliciure de potassium qui ne peut exister dans l'eau (2). Lorsque cette substance a été

(1) *Ann. de Chimie et de Physique*, tome XXVI.

(2) Le siliciure de potassium, chauffé avec du soufre, brûle vivement, et laisse, lorsqu'on le dissout, le silicium pur.

bien lavée, elle se trouve convertie en hydrure de silicium, qui, à une chaleur rouge, brûle avec vivacité : cette combustion est due à l'hydrogène, et non au silicium, qui ne brûle point. On chauffe l'hydrure de silicium dans un creuset de platine couvert, en augmentant graduellement le feu jusqu'à la chaleur rouge : dès lors, le silicium est pur et ne brûle point, même dans le gaz oxygène ; il est indissoluble dans l'eau, la potasse caustique, l'acide nitrique (eau-forte), et l'acide hydrochloronitrique (eau régale) ; le chlore l'attaque ; il en est de même de l'acide fluorique, surtout par l'addition de l'acide nitrique. Mêlé avec le carbonate de potasse, il détonne à la chaleur rouge naissant ; il y a production de charbon et de gaz oxyde de carbone. Un fait digne de remarque, c'est que si l'on fait passer de la vapeur de soufre sur le silicium chauffé au rouge, ce métal devient incandescent. Nous ne pousserons pas plus loin l'examen des propriétés chimiques du silicium, nous renvoyons au mémoire précité de M. Thenard. Quant aux quantités d'oxygène, elles n'ont point été encore rigoureusement déterminées ; elles seraient,

D'après Davy, de		D'après Thenard, de	
Silice.	40	Silice.	48
Oxygène. . . .	60	Oxygène. . . .	52

Des Sables siliceux.

Après avoir parlé de la silice et du silicium, de leurs propriétés physiques et chimiques, ainsi que de la manière de les extraire, il nous paraît indispensable de revenir sur le quartz terreux connu sous le nom de sable, parce qu'il est plus facile et moins coûteux de l'employer dans la verrerie. Nous dirons d'abord que le sable le plus pur est celui qui est le plus blanc. Mais tous les sables n'existent pas dans la nature dans cet état de pureté, puisqu'ils se trouvent unis à des oxydes métalliques auxquels ils doivent des nuances de couleur, dont les principales sont le jaune, le rougeâtre, le gris, le noir, etc. Ces divers sables ne sauraient être employés que pour les verres communs, à moins que leur coloration ne soit due à des substances végétales : il suffit alors de les laver à grande eau pour la leur enlever.

M. Bastenaire-Daudenart, qui a publié un assez bon ouvrage sur l'art de la vitrification, pense que les sables colorés par des oxydes métalliques, ne le sont qu'à la surface, et que les oxydes ne pénètrent point dans l'intérieur. Ce qui le porte à adopter cette hypothèse, c'est qu'en ayant divisé quelques grains assez gros, colorés en jaune par l'oxyde du fer, et les

ayant regardés à la loupe, ils étaient blancs intérieurement. Nous ne partageons point cette opinion : la coloration des pierres précieuses, et de presque tous les silicates alumineux et non alumineux, est une preuve du contraire. Dans les sables colorés, les oxydes n'y sont point interposés; ils y sont combinés avec la silice dans un état salin, et il peut bien se faire, si M. Bastenaire ne s'est pas trompé, que la couche extérieure, se trouvant avoir le contact de l'air, ait acquis plus de couleur. Tous ceux qui s'occupent de chimie savent qu'il est des substances salines qui, exposées au contact de l'air, en éprouvent diverses altérations, tandis que l'intérieur n'en éprouve pas encore. D'ailleurs il est un fait constant, c'est que l'intensité des couleurs des corps transparents est en raison directe de leur épaisseur.

Il est un fait bien reconnu des verriers, c'est que les sables colorés sont bien plus fusibles que les sables blancs : aussi ne manque-t-on point de leur donner la préférence pour la fabrication des verres communs. Ces sables, étant plus fusibles, n'ont pas besoin d'une aussi grande quantité d'alcali que les blancs pour se vitrifier, ce qui est une grande économie pour les fabricants.

Quant aux sables qu'on trouve dans les carrières ou sous les rochers, comme ils sont mêlés avec de l'argile et de la terre végétale, il est besoin de les purifier par le lavage. Pour cela ou a de grands baquets, qui ont, un peu au-dessous de leur profondeur, une ouverture fermée par uu bouchon de liège. On met ces sables dans ces baquets jusqu'au tiers; on y ajoute deux tiers d'eau, et on les remue quelque temps avec un gros bâton ; on tire ensuite le bouchon pour faire écouler l'eau chargée des impuretés. L'on continue cette opération jusqu'à ce que l'eau sorte claire. Ce sable, ainsi préparé, peut servir à faire les verres blancs et les cristaux: une vérité importante, et que nous ne saurions passer sous silence, c'est que plus le sable est fin, plus il se combine aisément avec les alcalis (1). Ceci rentre dans cette loi chimique si bien constatée, que la force d'attraction ou la cohésion oppose une résistance à l'action chimique des corps en raison directe de leur masse : sur ce point, la pratique est d'accord avec la théorie. Ecoutons à ce sujet M. Bastenaire : « Tel sable, dit-il, peut passer dans l'esprit d'un verrier pour être

(1) D'après ce principe, les verriers doivent rechercher les sables les plus fins; et lorsqu'ils n'en trouvent point qui remplissent complètement ce but, nous conseillons de les passer à des cribles fins. L'économie de l'alcali compensera bien ces frais.

fusible ou réfractaire, qui souvent ne doit ces qualités opposées qu'à la finesse ou à la grosseur dont il est. En effet, j'ai regardé longtemps les sables de Longjumeau, près de Paris, pour être plus difficiles à fondre avec l'alcali que ceux de Creil ou de Fontainebleau, et j'ai reconnu, par des expériences réitérées, que cette différence n'existait que dans la ténuité des sables qui se trouvaient être un peu plus fins dans les derniers lieux. » Pour bien se convaincre de l'économie de l'alcali, ajoute ce manufacturier, que l'on prenne une composition dans laquelle on aura mis quatre parties de sable de Fontainebleau et deux parties de sous-carbonate de soude effleuri à l'air, et qu'on l'expose à un feu ordinaire de verrerie, que l'on évalue à 8,000 degrés, le verre que l'on obtiendra sera très-beau et très-solide : il contiendra quatre parties de silice sur une d'alcali. D'autre part, si l'on prend également quatre parties du même sable porphyrisé, et qu'on le mêle avec une partie et demie du même fondant, l'on obtiendra des résultats semblables. On voit que le surplus d'alcali de la première opération s'est dissipé pendant la fonte, tandis que, dans la seconde, la silice, étant dans un grand état de division, s'est emparée totalement de l'alcali, et a fourni avec lui un verre homogène, composé de même de quatre parties de silice et d'une d'alcali, quoique celui-ci ait été introduit dans le dernier mélange, dans une proportion d'une demi-partie en moins que dans le premier (1).

Nous ne croyons point que, dans aucune de ces expériences, il y ait eu volatilisation de l'excès de potasse, parce qu'il n'est rien moins démontré que cet oxyde alcalin soit volatil. En examinant l'action du calorique sur le sous-carbonate de potasse, on parvient à expliquer chimiquement cette volatilisation. A la chaleur rouge blanc, l'hydrate de potasse s'unit à la silice, l'eau de l'hydrate est décomposée, ainsi qu'une partie de l'acide carbonique et de la potasse, et il en résulte du gaz hydrogène carburé, du gaz oxyde de carbone, du gaz acide carbonique et du potassium qui se volatilise, s'enflamme et se convertit de nouveau en protoxyde de potasse qui, dans ce cas, se trouve volatilisé : de sorte que, d'après cela, ce ne serait point la potasse qui se volatiliserait, mais bien le potassium qui, étant très-volatil et très-

(1) Dans l'un et dans l'autre cas, nous voyons qu'il ne se combine qu'un cinquième d'alcali. Il en résulte donc que, dans les deux mélanges, il y a une surabondance alcaline relative à la force de cohésion, qui est d'autant plus forte que les grains de sable sont plus gros.

inflammable, s'en dégage, et se convertit, en brûlant, en protoxyde. L'on sait d'ailleurs que l'hydrate de potasse à une température rouge, laisse dégager une partie de l'eau qu'il contient, absorbe de l'oxygène, prend une couleur jaune verdâtre, et se convertit en peroxyde.

Quoi qu'il en soit du point théorique, il n'en est pas moins démontré que l'expérience a évidemment constaté qu'il y a un grand avantage à employer des sables très-fins. Aussi plusieurs verriers sont-ils dans l'usage de placer leurs sables dans des fours particuliers, et de les chauffer au rouge; en cet état, il les jettent dans de l'eau très-froide pour en rompre la force de cohésion, et les réduire en plus petits grains: ces sables sont alors bien plus fusibles.

ALUMINE OU OXYDE D'ALUMINIUM.

Cette terre ou oxyde est le principe constituant principal des terres argileuses, des ardoises, des mines d'alun, etc. Elle n'a été désignée comme une terre particulière qu'en 1754, par Margraaff, et comme un oxyde que depuis les travaux de Davy sur la potasse et la soude.

L'alumine native, la plus voisine de son état de pureté, existe dans le *corindon*, le *saphir*, le *rubis*, les *pierres orientales*, la *wavellite*, etc. Elle est aussi la base des kaolins, des terres à pipe, des terres à foulon, des bols, des ocres, etc., etc.

On prépare l'alumine en versant de la potasse pure dans une solution d'alun. On lave bien le précipité, on le fait sécher soigneusement, et on le chauffe dans une capsule de verre ou un creuset de platine. L'alumine, ainsi obtenue, est blanche, pulvérulente, douce au toucher, happant la langue, et formant, avec la salive, une pâte douce. Cette terre est inodore, insipide, fusible seulement au chalumeau oxyhydrogène; le calorique ne fait que diminuer son volume, en augmentant sa dureté; c'est sur cette propriété qu'est construit le pyromètre de Wedgwood, sur lequel nous aurons occasion de revenir : son poids spécifique est de 2,000. L'alumine se mêle en toutes proportions avec l'eau, dont elle garde une partie sans cependant s'y dissoudre; on éprouve la plus grande peine à en séparer les dernières portions de celle qu'elles a absorbée. Cette terre, par son union avec l'eau, jouit d'une propriété plastique qu'elle perd par la calcination; on la lui rend en la faisant dissoudre dans les acides; elle a la plus grande affinité pour les matières colorantes végétales, avec lesquelles elle s'unit et se précipite pour former les diverses laques.

Si l'on mêle l'alumine avec la potasse ou la soude, et qu'on les expose à une forte chaleur, ces deux oxydes se vitrifient ensemble; mais cette vitrification n'est ni aussi complète, ni aussi prompte qu'avec la silice ; il faut ajouter même à cela, 1° qu'il faut employer une plus forte dose d'alcali, que lorsqu'on emploie la silice ; 2° que la qualité du verre obtenu est inférieure en beauté, ainsi qu'en qualité.

L'alumine est susceptible de s'unir aussi à quelques oxydes métalliques, auxquels elle doit les belles couleurs qui constituent ces belles productions naturelles si estimées parmi les pierres précieuses. Nous allons nous borner à citer l'analyse de quelques-unes :

1°	Saphir bleu.	Saphir rouge.
Alumine. . . .	98,0	90,5
Chaux.	0,5	7,0
Oxyde de fer. .	1,0	1,2
Perte..	0,5	1,3
D'après Klaproth.. . .	100	Chenevis.. . 100

Dans le saphir rouge, le fer doit être à l'état de peroxyde.

1° Le rubis balai, ou rubis spinello :

Alumine.	82,47
Magnésie.	3,78
Acide chromique.	6,18
Perte.	2,57
	95,00

Cette belle couleur du rubis est due à l'oxyde de chrome.

Beudant et plusieurs chimistes pensent, que dans ces combinaisons comme dans les vitrifications de l'alumine avec les oxydes, cette terre joue à peu près le même rôle que la silice, c'est-à-dire qu'elle agit comme acide.

L'alumine s'unit aussi par la fusion avec la silice, la chaux, etc. ; voyez ce que nous en avons dit à ce sujet. La nature nous offre aussi des combinaisons qui donnent lieu à une famille de minéraux connue sous les noms de *silicates alumineux*, *simples* et *composés*, parmi lesquels on en trouve qui sont fort intéressants. Nous allons en fournir quelques exemples.

1° Le *chrysoberil*, qui souvent est cristallisé en prismes à huit pans, terminés par des sommets hexaèdres. Il est couleur vert d'Espagne, et quelquefois blanc verdâtre et gris jaunâtre. Il y a des variétés qui sont, les unes vitreuses, les

autres diaphanes et les autres chatoyantes. D'après Klaproth, il est composé de :

Alumine.	71
Silice.	18
Chaux.	6
Oxyde de fer.	1,5
	96,5

2° La *zéolite cubique*. Elle offre des variétés grisâtres, rougeâtres ou blanches. Le plus souvent, elle est en cristaux agglomérés ou cubiques ayant leurs angles solides remplacés par trois facettes triangulaires, etc. Sa composition est :

Silice.	58
Alumine.	18
Soude.	10
Chaux.	2
Eau.	3,5
Perte.	3,5
	95

3° L'*andalousite*. Couleur rouge de chair ou rouge rose, translucide ; elle est en masse ou cristallisée en prismes rectangulaires à quatre pans, s'approchant du rhomboïde, etc. D'après M. Vauquelin, elle est composée de :

Alumine.	52
Silice.	32
Potasse.	8
Oxyde de fer.	2
Eau.	6
	100

4° La *tourmaline*. Egalement connue sous les noms de *schorl électrique*, *sibérite*. Ce minéral se présente en concrétions prismatiques, en morceaux roulés, mais plus souvent en cristaux dont la forme primitive est un rhomboïde de 133°,26. Ses formes secondaires sont le prisme hexaèdre régulier, l'ennéaèdre et le dodécaèdre. Ces cristaux ont un poli brillant, un aspect souvent vitreux, et plus généralement transparents que translucides. Par le frottement, la tourmaline développe l'électricité vitrée, et, par l'action du calorique, à l'une de ses extrémités cette même électricité est vitreuse, et à l'autre résineuse. Les variétés de ce minéral sont ainsi composées :

2° *Tourmaline de soude.*

	Rouge de Sibérie.	Rouge violet.	Noirâtre.
Silice		42	45
Alumine		40	30
Soude		10	10
Peroxyde de manganèse		7	15

2° *Tourmaline.*

De lithine.		De potasse et de magnésie.	
Silice	45		36,75
Alumine	49		34,50
Lithine	6	Magnésie	0,25
		Potasse	6
	100	Oxyde de fer	21
		Traces de manganèse.	

DES ARGILES.

Nous avons dit que l'alumine est la base principale des argiles; or, comme leur étude peut être regardée comme l'une des connaissances indispensables aux fabricants de verre, de glaces, etc., puisque c'est avec l'argile qu'on fait les creusets, les briques, etc., il est indispensable qu'ils connaissent les moyens propres à s'assurer de leur degré de pureté, et par suite quelles sont celles qu'ils doivent rejeter ou bien destiner aux diverses applications qu'ils en font. Nous allons donc nous étendre sur cette partie intéressante, et nous puiserons les matériaux de cet article tant dans notre *Manuel de Chimie*, de l'*Encyclopédie-Roret*, que dans les notes que nous avons données pour celui du porcelainier.

L'argile est abondamment répandue dans la nature; elle forme des montagnes entières ou bien se trouve en couches plus ou moins épaisses, entre d'autres roches, en lits et en filons, accompagnant diverses mines, etc. Les argiles sont ordinairement le produit de la décomposition des roches silico-alumineuses, dont les eaux ont charrié et déposé les parties les plus fines, tandis que les plus grossières ont formé les dépôts arénacés. Il est aisé de voir que les argiles varient à l'infini par leurs parties constituantes, et que les plus fines sont aussi les plus homogènes. Non-seulement ces variations s'observent suivant les localités, mais encore dans les lits mêmes. Cependant, d'après les produits qu'on en extrait le plus ordinairement par l'analyse, on peut les regarder comme des silicates alumineux, plus ou moins mélangés avec d'autres minéraux.

Les argiles sont douces au toucher, opaques, et n'affectent aucune forme cristalline; leur cassure est terreuse, mate ou unie; elles happent la langue et sont rayées par le fer. Avec l'eau, elles forment une pâte plastique qui jouit de beaucoup d'adhérence, et qui, soumise à l'action d'une forte chaleur, acquiert une dureté telle qu'elle peut faire feu au briquet. Lorsqu'on y expire dessus, elles répandent, si elles ne sont pas bien pures, une odeur dite argileuse. La variété des principes constituants des argiles et leur emploi dans les arts en ont fait distinguer plusieurs espèces. Les argiles blanches ne contiennent en général qu'une petite quantité de craie, peu ou point de magnésie, et point d'oxyde de fer. On exploite principalement celles d'Abondant, d'Arcueil, Forges, Montmartre, Montereau, etc. Nous allons indiquer les principales espèces.

1° *Argile kaolin ou Terre à porcelaine.*

C'est sous ce nom de *kaolin* que les Chinois désignent l'argile à porcelaine. On la trouve en couches et en filons en France, à Saint-Yriex-la-Perche, près de Limoges, aux environs d'Alençon et de Bayonne; en Angleterre dans le Cornouailles, ainsi qu'en Saxe, à la Chine, au Japon, etc. Le kaolin provient des décompositions des rochers de feldspath ou de la ponce. Cette argile est friable, maigre au toucher, blanche, passant au jaune ou au rougeâtre, happant peu à la langue, se réduisant difficilement en pâte avec l'eau; presque infusible. Poids spécifique 2,2.

Les kaolins d'Europe sont moins blancs et moins doux au toucher que ceux de la Chine et du Japon. Celui de Saxe est légèrement coloré en jaune ou en incarnat: il perd ces teintes au feu. Celui de Cornouailles est très-blanc et onctueux au toucher. C'est cette argile qui sert à la fabrication de la porcelaine.

Composition: kaolin de Limoges, suivant Vauquelin et Rose.

	D'après Vauquelin.	Rose.
Silice	55	52
Alumine	27	47
Chaux	2	0
Oxyde de fer	0,50	0,33
Eau	14	»
	98,50	99,33

Voici quelques analyses plus récentes de kaolin de divers

pays, dues à plusieurs chimistes français et étrangers dont on trouve le nom dans le tableau :

SUR 100 PARTIES.					
	KAOLIN DE				
	Saint-Yriex.	Aue (1)	Passau	Halle.	Saint-Tropez
	NOMS DES CHIMISTES.				
	Bertier	Kuhn.	Fuchs.	Bley.	
Silice.	47.07	47.64	43.65	39.61	55.8
Alumine.	36.41	37.97	35.93	45	26
Potasse.	1.56	»	»	»	8.2
Magnésie.	2.94	»	»	3.32	0.5
Chaux.	»	1.57	0.88	0.07	»
Oxyde de fer. . .	»	»	1	»	1.8
— de manganèse	»	»	»	0.19	»
Eau.	12	13.18	18.50	10	72

M. T. Richardson a donné aussi l'analyse de la plus belle argile du Cornwall, qu'on désigne sous le nom de *China-Clay*, et y a rencontré, après l'avoir fait chauffer à 100° C. :

Silice.	46.32	46.29
Alumine.	39.74	40.09
Protoxyde de fer.	0.27	0.27
Chaux.	0.36	0.50
Magnésie.	0.44	»
Eau et un peu d'alcali. . .	12.67	12.67
	99.80	99.82

2° *Argile à potier, Argile plastique, Terre glaise.*

Werner a sous-divisé cette argile en argile à potier commune et en terre de pipe.

1° L'*argile à potier* donne lieu à un grand nombre de variétés, qui existent en couches plus ou moins épaisses. Ses caractères généraux sont d'être compacte, douce au toucher,

(1) Ce dépôt d'Aue, près Schneeberg, paraît épuisé.

de happer fortement la langue, de former avec l'eau une pâte très-ductile et très-liante, de prendre beaucoup de dureté et de retrait par l'action du calorique, d'être ou infusible ou fusible à des températures plus ou moins élevées, suivant qu'elle contient plus de chaux ou d'oxyde de fer. Les couleurs de ces argiles varient du blanc sale au gris, au jaunâtre, au bleuâtre et au rougeâtre. Par la cuite, les unes deviennent blanches (1), les autres jaune rougeâtre, et les plus communes d'un rouge brun plus ou moins foncé, que nous regardons comme produit par un degré plus avancé d'oxygénation du fer.

2° *Argile* ou *terre de pipe*. Elle est d'un blanc grisâtre, passant au blanc jaunâtre; elle se trouve en masse; sa cassure en petit est terreuse et fine; sa consistance tient le milieu entre le solide et le friable; elle happe assez fortement la langue, est légère et un peu onctueuse au toucher.

3° *Argile de Montereau*. Elle est plus ou moins grise; elle passe au blanc par la cuite, et au blanc sale par une température très-élevée. La même carrière, comme il arrive aussi pour d'autres argiles, ne contient pas toujours une terre identique, puisque, provenant de la même fouille, elles donnent à la cuite différents degrés de blancheur. D'autres, provenant d'une fouille plus profonde, sont d'une qualité plus ou moins supérieure; à une température médiocre elles blanchissent beaucoup ou peu, etc.

4° *Argile d'Abondant*. Elle est blanche et très-employée pour faire les gazettes ou étuis dans lesquels on cuit la porcelaine. Nous allons donner quelques analyses déjà anciennes des principales argiles.

(1) Ce sont ordinairement celles qui doivent leur couleur à des substances végétales. En effet, par la calcination, on peut distinguer, jusqu'à un certain point, la nature des substances colorantes des argiles. Celles qui sont dues aux végétaux ou aux bitumes sont détruites, tandis que celles dont la coloration reconnaît l'oxyde de fer deviennent plus ou moins rougeâtres.

PRINCIPES constituants.	ARGILES d'Abondant	d'Arcueil.	de Douai.	de Forges.	de Montmartre	de Montereau.	de Tournay
Silice. . . .	43.50	63.50	83	63	66.25	70	43
Alumine. . .	33	16	17	16	19	15	57
Oxyde de fer	0.50	1	»	1	7.50	»	»
Chaux. . . .	2	8	»	8	6.75	»	»
Eau.	14	10	»	10	non reconnu.	15	»

Dans un terrain appartenant à M. de Cuberton, près de Montereau, on trouve une argile blanche qui a pour principes constituants :

Silice.	78
Alumine.	12.04
Chaux.	2
Oxyde de fer.	1.50
Eau.	6.46

M. Bastenaire donne pour l'analyse de l'argile de Forges-les-Eaux :

Silice.	60
Alumine.	38
Fer.	2

Je ne sais à qui cette analyse est due. Il ajoute, à ce sujet, que cette argile est très-propre à faire des creusets, et qu'elle est très-employée pour ceux de la manufacture des glaces de Saint-Gobain. Nous en donnons ci-contre une analyse plus exacte due à l'un de nos plus habiles chimistes.

Voici maintenant quelques analyses plus récentes, d'abord de la terre à pipe de différentes localités :

· *Fabricant de Verre.*

	Strasbourg.	Stourbridge.	Forges-les-Eaux	Devonshire.	Coteau-de-Prairie (Amérique du Nord).
	CHIMISTES.				
	Berthier.	Berthier.	Berthier.	Berthier.	Catlin.
Silice.	66.7	65.7	52	49.6	48.2
Alumine.	18.2	20.7	27	37.4	28.2
Chaux.	»	»	»	»	2.6
Magnésie.	0.6	»	»	»	6
Potasse.	»	»	»	»	»
Eau.	12	10	19	11.2	»
Oxyde de fer. . .	1.6	4.5	2	»	5
— de manganèse	»	»	»	»	0.6
Résidu.	»	»	»	»	»

La terre à pipe, en Angleterre, qui prend beaucoup de retrait est composée de

Silice.	53.56
Alumine.	32
Protoxyde de fer.	1.35
Chaux.	0.40
Magnésie.	traces.
Eau.	12.08
	99.39

3o *Argile smectite, ou Terre à foulon.*

Couleur grise, verdâtre ou rougeâtre, grasse au toucher, se délite dans l'eau sans contracter beaucoup de liant; elle est infusible aux meilleurs feux de forge. On l'emploie dans les manufactures pour enlever l'huile aux étoffes de laine qui servent à la fabrication des divers tissus. On trouve ces terres en France, dans un grand nombre de localités, notamment aux bains de Rennes, dans le département de l'Aude, à Montmartre, etc., celle qui provient d'Angleterre jouit d'une grande réputation. Voici l'analyse de quelques-unes :

PRINCIPES constituants.	ARGILES.			
	de Hampshire.	de Riegate (comté de Surrey).	de Silésie.	Bains de Rennes.
Silice.	51.80	55	48.50	48.60
Alumine.. . . .	25	10	15.50	27.90
Chaux.	3.50	0.50	»	4.40
Magnésie. . . .	0.70	1.25	1.50	1.80
Oxyde de fer.. .	3.70	9.75	7	2.10
Eau.	15.50	24	25.50	16.20

4° *Argile figuline.*

Elle est très-abondante dans les environs de Paris, à Arcueil, Vaugirard, Vanvres, etc. Elle est très-douce au toucher, moins cependant que celle à foulon; la pâte qu'elle forme avec l'eau est liée et tenace. Elle est employée pour modeler et glaiser les bassins, ainsi que pour la fabrication des faïences et poteries grossières.

5° *Argile cimolite.*

Couleur grisâtre; quand elle est sèche, elle est un peu schisteuse et rougeâtre, douce au toucher, faisant une pâte avec l'eau qui est plus ou moins liée.

6° *Argile légère.*

Très-légère; ne se liant ni ne se délayant dans l'eau; infusible. Outre ces espèces, on trouve encore l'*argile bigarrée*, l'*argile marneuse*, l'*argile lithomarne*, l'*argile ocreuse*, l'*argile ampélite*, l'*argile bitumineuse*, l'*argile endurcie*, l'*argile schisteuse*, l'*argile tripoli*, etc. Nous renvoyons pour leurs caractères au *Manuel de Minéralogie*, de l'*Encyclopédie-Roret*. Nous allons nous borner à donner l'analyse de quelques-unes.

PRINCIPES constituants	ARGILES			
	cimolite.	légère.	de Bohême.	de Ménilmontant.
Silice.. . .	63	55	79	66.50+62.50+58
Alumine. .	23	12	»	7 + 0.50+ 5
Chaux. . .	»	3	1	1.25+ 0.25+ 1.5
Magnésie..	»	15	»	1 50+ 8 + 6 5
Ox. de fer.	1	1	4	2.50+ 4 + 9
Charbon. .	»	»	»	» + 0.75+ »
Eau. . .	12	14	14	19 +22 +19

Dans les verreries, les argiles servent à la fabrication des creusets et des briques. M. Bastenaire assure que celles qui sur 100 parties contiennent:

Silice et alumine.	95
Carbonate de chaux et oxyde de fer. . .	5
	100

peuvent être employées avec succès pour la vitrification des cristaux; mais que pour le verre à bouteilles, qui exige pour entrer en fusion une température plus élevée, ces argiles doivent contenir 0,97 d'argile et d'alumine.

Ces données ne sont pas bien rigoureuses, puisqu'en admettant ces proportions silico-alumineuses dans les argiles, cependant l'une de ces deux terres peut prédominer, et nous savons que lorsque la silice est dans des proportions trop fortes, le mélange est fusible en émail; tandis que si c'est l'alumine, on peut obtenir une porcelaine, mais jamais une matière vitreuse. Ainsi les argiles *de Forges*, *d'Abondant*, *de Tournai*, *de Rennes*, *de Saint-Yriex-la-Perche*, etc., pourraient faire d'excellents creusets; il suffirait même pour cela d'ajouter de la silice ou du ciment à celle qui n'en contiendrait pas assez, ainsi que nous le dirons à l'article *Creusets*.

Les argiles figulines de diverses provenances ont aussi été l'objet d'analyses récentes parmi lesquelles nous citerons les suivantes:

CHIMISTES	LOCALITÉS où l'on trouve ces argiles.	Silice.	Alumine.	Fer.	Chaux
Aubert..	Provins (Seine-et-Marne)...	57	37	4	1.7
Berthier.	Livernon (Lot).	60	30	7.6	2.5
Laurent.	Helsingborg...	61	24	7.5	0.5

Une argile grisâtre, analysée par M. Higgenbathom, consiste en :

Silice.	46.58
Alumine.	38.04
Protoxyde de fer.	1.04
Chaux.	1.20
Magnésie.	traces.
Eau.	13.57
	100.23

Une argile rouge des environs de Glascow, à faire des briques, a donné :

Silice.	49.44
Alumine.	84.26
Protoxyde de fer.	7.74
Chaux.	1.48
Eau.	1.94
Magnésie.	5.14
	100.00

Une argile jaune a fourni à M. J. Brown :

Silice.	58.07
Alumine.	27.38
Protoxyde de fer.	3.30
Chaux.	0.50
Eau.	10.30
Magnésie.	traces.
	99.55

Le même chimiste a trouvé dans une argile réfractaire :

Silice.	66.46
Alumine.	22.54
Protoxyde de fer.	5.31
Chaux.	1.42
Magnésie.	traces.
Eau.	3.14
	98.57

Dans des terres à foulon, du poids spécifique de 1,82 et 2,19, M. Richardson a rencontré :

Silice.	53.0	46.50
Alumine.	10.0	25.10
Peroxyde de fer	9.75	9.40
Magnésie.	1.25	1.15
Chaux.	0.50	»
Eau.	24.0	18.50
Potasse.	traces.	traces.
	98.50	100.45

Argiles réfractaires anglaises.

MM. Cowper et Penny ont donné récemment l'analyse des principales argiles réfractaires anglaises. En voici le résumé :

	STOURBRIDGE		MONMOUTH.		GOVAN.	
Silice.	70.4	63.5	75.5	80.1	60.2	59.7
Alumine.	22.7	22.0	16.8	17.9	37.7	37.5
Oxyde de fer.	2.»	2.9	1.0	1.0	1.0	2.3
Chaux.	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
Eau.	4.4	10.8	6.0			
Magnésie.	traces	traces				
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Les analyses les plus récentes de MM. Berthier et Salvetat, sur les argiles réfractaires employées à la fabrication des creusets, ont conduit aux résultats suivants :

NOMS des chimistes...	GROSSALMERODE.		Beaufays (Ardennes).	Briedley-Hill près Stourbridge.	Schierdorf, près Passau.
	Berthier	Salvetat	Berthier	Salvetat.	Salvetat.
Eau hygrométrique	»	0.43	»	»	0.50
Eau combinée....	13.2	14.00	19.0	17.34	16.50
Silice....	46.5	47.50	52.0	45.25	45.79
Alumine..	34.9	34.57	27.0	28.77	28.10
Oxyde de fer.....	3.0	1.24	2.0	7.72	6.55
Chaux...	»	0.50	»	0.47	2.00
Magnésie..	»	1.00	»	»	»
Alcali....	»	traces	»	»	»

Voici encore quelques analyses de l'argile de Stourbridge, de Forges, de Leyval et de Nuzejoul, dont on se sert en Angleterre et en France pour la fabrication des pots et creusets de verreries.

	STOURBRIDGE.				FORGES	LEYVAL	NUZEJOUL.
Silice...	68.05	61.15	64.10	63.70	65.00	52.00	47.20
Alumine..	18.85	23.00	23.15	20.70	24.00	31.60	32.40
Oxyde de fer...	3.10	1.10	1.85	4.00	traces.	4.40	3.00
Chaux...	0.80	1.30	»	»	»	»	»
Magnésie.	»	»	0.95	»	»	»	»
Eau....	6.00	12.50	10.00	10.30	11.00	12.60	16.00
	98.80	99.95	100.05	98.70	100.00	100.60	98.60
	T. Richardson.				Berthier.		

L'analyse faite par M. Berthier, de la composition des meilleurs creusets ou pots connus, a donné :

	Silice.	Alumine.	Oxyde de fer.	Magnésie
Creusets de Hesse. .	71	25	4	
— de Beaufays.	65	34	10	
Creusets de Savergnies (près Beauvais) . .	72	19	4	
Creusets anglais à fondre l'acier.	71	23	4	
Creusets de St-Etienne à fondre l'acier. . .	65	25	7	
Pots de verrerie de Nemours.	67	32	1	
Pots de verrerie de Bohême.	68	29	2	traces.

Enfin, M. C. Cowper, en analysant les terres qui servent communément à la fabrication des pots dans les verreries de Birmingham, a obtenu :

	A l'état sec.		A l'état ordinre.	
	Terre à pot de Stourbridge	Terre de Monmouth.	Terre à pot de Stourbridge	Terre de Monmouth.
	1re qualité.		1re qualité.	
Silice.	70.6	80.1	63.3	75.3
Alumine.	25.9	17.9	23.3	16.8
Oxyde de fer.	2.0	1.0	1.8	1.0
Carbonate de chaux. .	1.5	1.0	1.3	0.9
Carbonate de magnésie	traces	»	traces	»
Eau.	»	»	10 3	6.0
	100.0	100.0	100.0	100.0

DE LA CHAUX (OXYDE DE CALCIUM) ET DU CARBONATE CALCAIRE.

La *chaux* ou *protoxyde de calcium*, *chaux vive*, *terre calcaire*, est connue de temps immémorial : elle fait partie d'une foule de minéraux, et constitue, à l'état de carbonate, les marbres et une partie des montagnes qui existent sur la surface du globe ; à celui de sulfate, la chaux produit les gypses ou plâtres ; à celui de phosphate (1), elle constitue les os, etc.

On prépare la chaux en calcinant dans des fours, appropriés à cet objet, et, à cause de cela, nommés fours à chaux, les pierres à chaux ou carbonates calcaires. Par l'action du calorique, l'acide carbonique est volatilisé et l'on obtient le protoxyde de calcium.

Cette terre est d'un blanc sale, susceptible de cristalliser en hexaèdres, d'une saveur très-caustique, irréductible par la chaleur, verdissant le sirop de violettes, infusible dans nos fourneaux, se fondant au chalumeau de Bloock en un verre jaune ; le fluide électrique la décompose ; elle est inaltérable à l'air et à l'oxygène secs ; s'ils sont humides, elle en attire l'eau, se gonfle, se délite, blanchit, dégage beaucoup de calorique, et passe à l'état de sous-carbonate et de carbonate calcaire, en absorbant l'acide carbonique qui est uni à l'air. On produit le même effet sur la chaux en y jetant de petites portions d'eau, qui, en s'unissant à ce protoxyde dégagent une si grande quantité de calorique qu'elle est suffisante pour enflammer le soufre, la poudre à canon, etc. La quantité d'eau que la chaux peut solidifier sans perdre elle-même son état solide, est de 0,31. En se combinant avec ce liquide, ce protoxyde devient parfois lumineux dans l'obscurité, et passe à l'état d'hydrate (2). La chaux est plus soluble dans l'eau à froid qu'à chaud ; cette solution, placée sous le récipient de la machine pneumatique, à côté d'une capsule remplie d'acide sulfurique, cristallise, suivant M. Gay-Lussac, en prismes hexaèdres transparents. Un des caractères distinctifs de la chaux, c'est d'être précipitée de ses dissolutions par l'acide oxalique, ou mieux, par l'oxalate d'ammoniac. La chaux peut s'unir par la fusion, comme nous l'avons déjà dit, avec

(1) Les sulfates sont des sels formés par l'acide sulfurique et une base salifiable. Les phosphates sont formés par l'acide phosphorique et une base, et les carbonates par une base et un acide gazeux nommé *acide crayeux*, *acide carbonique*.

(2) On donne le nom d'*hydrates* aux oxydes qui sont unis à des quantités plus ou moins fortes d'eau.

d'autres terres : nous y reviendrons bientôt ; nous nous bornerons à dire qu'elle est susceptible d'absorber une nouvelle dose d'oxygène et de former un deutoxyde. Voici les principes constituants de ces deux oxydes :

	Protoxyde de calcium.	Deutoxyde.
Calcium. . .	100	100
Oxygène. . .	38.1	76.2

Carbonate de chaux. Le carbonate calcaire ou de chaux est aussi l'un des principes constituants de certains verres ; dans ce cas, ce n'est que le protoxyde de chaux qui se combine, puisque l'acide carbonique est dégagé par la chaleur. Comme les fabricants en font quelquefois usage, nous croyons devoir en dire un mot.

Le sous-carbonate de chaux ou pierre calcaire est abondamment répandu sur toute la surface du globe ; il constitue les montagnes calcaires, les marbres, les craies, les albâtres, les coraux, les écailles d'huître, les coquilles, etc. Le sous-carbonate de chaux se trouve aussi en superbes cristallisations qui offrent tant de variétés, que M. Haüy et les plus savants naturalistes en comptent plus de 600 ; ils sont le plus souvent incolores, et quelquefois colorés par des oxydes métalliques. On les distingue des cristaux de quartz, en ce que ceux-ci ne font point effervescence avec les acides, et font feu au briquet ; tandis que les cristaux de carbonate calcaire ne possèdent point cette dernière propriété, et font effervescence avec les acides qui en dégagent l'acide carbonique à l'état gazeux.

Les sous-carbonates de chaux, exposés à l'action du calorique, abandonnent, comme nous l'avons déjà dit, leur acide ; ils sont insolubles dans l'eau et dans l'alcool, inaltérables par l'air, etc. En général les sous-carbonates calcaires sont composés de

Chaux..	56
Acide.	44
	100

Nous avons dit que le sous-carbonate de chaux était employé aussi dans la vitrification par quelques fabricants. Nous conseillons cependant de donner la préférence à la chaux à cause du boursouflement que produit le dégagement de l'acide carbonique de ce sel calcaire. Quelques fabricants croient que ce boursouflement où ce dégagement peut entraîner une petite quantité d'alcali, que l'on doit nécessaire-

ment remplacer. Nous croyons qu'un tel effet ne saurait avoir lieu que tout autant que la masse coulerait au-dehors du creuset. Quoi qu'il en soit, comme les sous-carbonates de chaux sont ordinairement composés de 56 de chaux et de 44 d'acide carbonique, il en résulte que, lorsqu'il faudra employer 100 parties de chaux, il en faudra environ 180 de sous-carbonate calcaire. M. Bastenaire porte la composition de la pierre à chaux à 100 acide carbonique, et à 1274 chaux. Nous pouvons assurer que cette analyse est très-fautive, et que les fabricants qui suivraient ces proportions seraient étrangement induits en erreur. Il arrive aussi que certains sables, et même des pierres calcaires, contiennent de la silice; les verriers ne doivent pas manquer de s'en assurer. La chaux, dans la composition du verre, offre une qualité précieuse, celle de lui donner la propriété de pouvoir être exposé aux alternatives du froid et de la chaleur sans se fracturer. Il est aussi reconnu que cette terre rend le verre plus mou, et plus aisé à être coupé par le diamant. Voilà pourquoi on la fait entrer dans la composition des verres à vitre blancs et demi-blancs. Malgré ces propriétés, il ne faut cependant point employer trop de chaux ou de sous-carbonate calcaire dans la composition du verre, car un excès produit les inconvénients suivants :

1° Le verre est terne, laiteux et presque opaque, suivant la quantité de cette terre;

2° Après le refroidissement, la chaux se sépare de la masse;

3° La chaux, par la fusion, attaque fortement les creusets en formant un mélange vitreux avec la silice et l'alumine dont ils sont composés; c'est à cause de cela que les verriers ajoutent aux mélanges vitreux, pour la gobeletterie, les verres en manchon, etc., de l'argile en poudre très-fine pour saturer l'excès de chaux.

M. Bastenaire-Daudenart donne la préférence à l'emploi du sous-carbonate de chaux sur la chaux vive : il motive son opinion sur les hypothèses suivantes :

« Un motif bien puissant, dit-il, pour lequel on doit préférer le carbonate de chaux à la chaux vive, c'est que lorsqu'on forme ces mélanges, et qu'on y introduit des soudes du commerce, ces soudes sont toujours accompagnées d'hydrochlorates, de sulfates, etc. Ces sels, neutralisés par les acides, ne peuvent en rien aider la vitrification, et c'est alors que le carbonate de chaux vient ici fort à propos pour s'emparer des acides hydrochlorique et sulfurique, de manière que la base de ces sels, s'unissant au sous-carbonate contenu

dans la soude, vient, conjointement avec ce sous-carbonate, coopérer à la fusion du sable. Seulement, si les compositions doivent servir à faire un beau verre blanc, on doit prendre la peine de calciner la craie, afin de détruire et brûler toutes les matières qui pourraient colorer le verre, et lui donner un mauvais œil. Quand la calcination du carbonate est opérée, on expose la chaux qui en résulte au contact de l'air; peu à peu elle en absorbe l'acide carbonique, et passe à l'état de sous-carbonate calcaire; mais alors le corps est privé des substances qui auraient pu donner des couleurs au verre. Très-ordinairement on ne calcine pas le carbonate de chaux, lorsqu'il s'agit de vitrifications grossières, comme le verre à bouteille, etc., on se borne à le réduire en poudre très-fine.

» On sent assez, ajoute-t-il, qu'un agent puissant retient les sels neutres en s'emparant de leur acide dans l'opération de la fonte du verre. Cet agent est donc l'acide carbonique; car si les sels neutres ne contribuent en rien à la vitrification, comment pourrait-elle avoir lieu avec la soude de varech, puisqu'elle ne contient pas un atome de sous-carbonate de soude pur? »

Ces données de M. Bastenaire renferment quelques erreurs; nous allons combattre les principales:

1° Le sous-carbonate de chaux ne décompose ni à froid ni à chaud les hydrochlorates et sulfates de potasse ou de soude; la preuve en est dans leur existence simultanée, dans les eaux minérales, etc.; par la fusion, cette double décomposition devient impossible, attendu que le calorique en dégage l'acide carbonique : je dis plus, en supposant même que ce dégagement n'eût pas lieu, rien ne démontre que ces doubles décompositions pussent s'opérer.

2° Nous regardons comme inutile de calciner les sous-carbonates calcaires, lorsqu'ils sont purs comme le marbre blanc ou la craie bien blanche; il suffit de les réduire en poudre très-fine. En les calcinant et les exposant au contact de l'air, une partie de la chaux obtenue repasse à l'état de sous-carbonate, et l'autre à celle d'hydrate, par l'absorption de l'acide carbonique et de l'eau atmosphérique. Le fabricant doit donc tenir compte de cette double augmentation de poids.

3° C'est à tort que M. Bastenaire dit que la soude de varech ne contient pas un atome de sous-carbonate de soude pur; un grand nombre d'analyses m'ont démontré que ce sel y entrait pour de 35 à 40 centièmes. On n'a qu'à voir le tableau analytique que j'ai consigné dans cet ouvrage. Cette

erreur est d'ailleurs si bien reconnue, qu'elle n'a pas besoin d'une réfutation sérieuse.

4° Les sels qui accompagnent les soudes diverses ne se vitrifient point; il faut en excepter une partie du sulfate de soude, dont l'acide sulfurique est décomposé par le charbon, qui est uni aux soudes ; dès lors le soufre s'unit à la chaux pour former un sulfure calcaire, et la soude mise à nu se combine avec la silice.

Ces réfutations nous ont paru indispensables : c'est l'amour seul de la science qui nous les a dictées.

Nous avons décrit dans le *Manuel de Minéralogie*, les diverses espèces, sous-espèces et variétés de sous-carbonates calcaires : nous y renvoyons nos lecteurs.

Dans un siècle où les sciences chimiques ont si puissamment contribué aux progrès des arts en général, il est indispensable d'exposer, dans un ouvrage mis au niveau de ceux de la chimie, les moyens propres à analyser les terres, et à reconnaître leurs principes constituants et leurs proportions respectives.

DE L'ANALYSE DES TERRES, OU DES MOYENS PROPRES A RECONNAÎTRE LEUR NATURE.

Avant d'entreprendre une fabrication de porcelaine ou de verrerie, le fabricant ne saurait trop s'attacher à constater la nature des terres avec lesquelles il se propose d'opérer, puisque c'est de leur bonté que résulte, en grande partie, la prospérité de sa fabrique.

Il est des caractères généraux qui indiquent leur nature; ainsi l'effervescence avec les acides annonce les terres et les pierres calcaires; le manque de cette propriété et le happement à la langue annoncent les terres argileuses qui contiennent plus ou moins de silice; enfin la non-effervescence, le non-happement, la fusion en verre, avec la potasse ou la soude, la non-dissolubilité dans presque tous les acides, caractérisent la silice. Loysel a présenté plusieurs moyens d'analyse, que nous ne rapporterons point, parce qu'on en trouve dans les traités de chimie moderne, qui sont plus rationnels. Sur ce point, M. Bastenaire paraît avoir suivi Loysel : l'un et l'autre citent l'analyse proposée par Bergmann. Au lieu de la rapporter, nous préférons faire connaître le mode le plus récent que l'on suit, et que ni Loysel ni M. Bastenaire n'ont seulement pas indiqué.

Les pierres, ainsi que les terres qui en sont des débris, sont composées quelquefois d'un, mais généralement de plusieurs oxydes terreux; il arrive aussi qu'elles sont unies par-

fois à des substances combustibles, à des acides et à des sels. Dans ces deux derniers cas, on doit les lessiver avant de les analyser.

Les oxydes terreux, qui entrent le plus souvent, et en plus grande quantité, dans la composition des terres, sont la silice et l'alumine ; ensuite vient la chaux ; quelques-uns contiennent de la magnésie. La silice y est parfois en combinaison saline, et forme des silicates simples, doubles ou triples ; on croit que l'alumine joue aussi le même rôle. Quant aux oxydes métalliques qui colorent les terres, c'est généralement l'oxyde de fer, et parfois un peu de manganèse.

Lorsqu'on veut analyser une terre, on en prend un poids déterminé qu'on pulvérise et que l'on fait chauffer pendant quelque temps à une chaleur un peu au-dessus de l'eau bouillante ; on tient compte ainsi de la quantité d'eau qu'elle contient et qu'elle perd par cette dessiccation. On mêle ensuite 10 gram. de cette poudre avec 30 gram. d'hydrate de potasse ou de soude, et l'on soumet ce mélange dans un creuset de platine, surmonté de son couvercle, à une chaleur rouge, jusqu'à ce qu'il soit ou fondu ou du moins à l'état pâteux : ce qui exige environ une heure. Lorsque le tout est refroidi, l'on y verse de l'eau bouillante à plusieurs reprises, et l'on décante chaque fois dans une capsule, en ayant soin de ne rien perdre. Lorsqu'il ne reste plus rien dans le creuset, on place la capsule sur le feu, et l'on y verse peu à peu de l'acide hydrochlorique, en remuant la matière avec une spatule de verre, jusqu'à ce que la dissolution soit complète. Par l'évaporation, on en dégage l'excès d'acide hydrochlorique, et lorsque la liqueur est réduite à l'état pâteux par une douce évaporation, la silice abandonne l'acide, et se dépose. On l'obtient séparément, et on en détermine la quantité en délayant le résidu de cette évaporation dans dix fois son volume d'eau distillée bouillante, et en filtrant. La silice est ensuite lavée, séchée et mise à part. On réunit les eaux de lavage de la silice à la liqueur ; on la sature par l'ammoniac, qui en précipite l'alumine et l'oxyde de fer. On filtre, on lave le filtre et le précipité, et l'on réunit ces eaux de lavage à la liqueur. On fait bouillir le précipité humide avec de la potasse préparée à l'alcool, qui dissout l'alumine sans toucher à l'oxyde de fer. Pour l'en séparer, l'on filtre, on le lave, on le fait sécher et on le met à part. On précipite l'alumine de son union avec la potasse par l'hydrochlorate d'ammoniac, on filtre, on lave, et on la fait sécher.

On traite ensuite la liqueur, d'où l'on a précipité l'alumine et l'oxyde de fer, par l'oxalate d'ammoniac. Le préci-

pité obtenu est de l'oxalate de chaux, qui, lavé et calciné, donne pour résidu la chaux pure. Il est aisé de voir qu'en pesant les divers précipités, on doit obtenir exactement la somme totale de la terre analysée, si l'opération a été bien faite. Il est bon de faire observer qu'en précipitant le fer par l'ammoniac, cet oxyde se dépose lentement sous forme de flocons rougeâtres; s'il y a du manganèse, ils ont une couleur comme vineuse. La chaux peut exister aussi dans la terre analysée à l'état de sous-carbonate; on s'en assure en essayant si cette terre fait une effervescence bien sensible avec les acides. Dans ce cas, par le poids de la chaux obtenue par la calcination de l'oxalate calcaire, on connaît celui de l'acide carbonique, puisqu'on sait qu'il faut 0,44 de cet acide pour saturer 0,56 de chaux.

Nous donnons ici une analyse simple et des terres et des oxydes qui constituent les argiles en général; nous avons négligé de tenir compte de la magnésie, qui ne s'y trouve que très-rarement. En suivant une telle marche, nous avons eu pour but d'être compris de tout le monde. Pour les analyses beaucoup plus compliquées, nous renvoyons aux divers traités de docimasie et au *Traité élémentaire de Chimie*, de M. Thenard.

Après avoir passé en revue les oxydes terreux qui se rattachent à la verrerie, nous allons examiner les oxydes alcalins qui en sont une des bases principales.

DEUXIÈME SECTION.

OXYDES ALCALINS OU ALCALIS.

C'est sous le nom d'*oxydes alcalins* qu'on désigne les deux substances qu'on nomme dans les ouvrages de chimie *alcalis*. Ils ont pour propriétés générales : d'avoir une saveur âcre, urineuse et caustique; d'être très-solubles dans l'eau; de verdir la plupart des couleurs bleues végétales; de s'unir aux acides pour former des sels en les neutralisant; de former des savons avec les huiles douces, et de se convertir en verre en se combinant avec la silice.

Les chimistes du moyen-âge regardaient les alcalis comme étant composés d'acide, de terre et d'un peu de phlogistique. Les expériences des chimistes modernes, et notamment celles de Davy, ont démontré que c'étaient des protoxydes de deux métaux. Après cet exposé nous allons faire connaître les deux alcalis qui jouent un si grand rôle dans la vitrification.

OXYDE DE POTASSIUM, OU POTASSE.

Alcali végétal, *Sel d'Absinthe*, *Sel de Centaurée*, *Sel de Tartre*, *Sel de Chardon bénit*, *Cendres gravelées*, *Salin*, *Perlasse*, *Pierre à cautère*, *Protoxyde hydraté de Potassium*, *etc.*

C'est sous tous ces divers noms que cet alcali est connu; dans les ouvrages des chimistes modernes, il ne conserve d'autres dénominations que celle de potasse ou protoxyde de *potassium*.

Cet alcali existe dans les cendres de tous les végétaux, combiné avec les acides carbonique, sulfurique, nitrique, hydrochlorique, oxalique, tartrique, etc.

Toutes les cendres des végétaux n'en contiennent pas également; il en est qui en sont très-pauvres et d'autres qui en donnent beaucoup. Nous pensons qu'un tableau comparatif du produit que donne les cendres de la plupart des végétaux pourra être du plus grand intérêt pour le fabricant de verre. Nous allons en prendre les matériaux dans les analyses qui ont été faites de diverses espèces de cendres, par MM. Kirwan, Pertuis, Bouillon-Lagrange, et d'après un travail que j'ai entrepris à ce sujet.

TABLEAU COMPARATIF

Des quantités de cendres et de potasse que donnent divers végétaux.

NOMS des VÉGÉTAUX EMPLOYÉS	Quantité de CENDRES.	Quantité D'ALCALI.	CHIMISTES à qui sont dues CES ANALYSES.
100 parties de Saule	2.8	0.285	Kirwan.
Orme.	2.36727	0.39	id.
Chêne.	1.35185	0.15345	Pertuis.
Peuplier.	1.23476	0.07481	id.
Charme.	1.1283	0.1254	id.
Hêtre.	0.58452	0.14572	id.
Sapin.	0.31740	0.7318	Julia de Fontenelle
Ceps de vigne. . .	3.379	0.55	Kirwan.
Tiges de maïs. . .	8.86	1.75	id.
Absinthe.	9.745	7.3	id.
Fumeterre. . . .	21.9	7.9	id.
Fumeterre.	22.1	8.015	Julia de Fontenelle
Fèves av. leurs tiges		2.	Kirwan.
Vesces.		2.75	id.
Ortie commune. .	10.67186	2.5033	Pertuis.
Chardon commun.	4.04265	0.53734	id.
Fougère des bois. .	5 00781	0.6259	id.
Grand jonc de rivière.	3.85395	0.72234	id.
Jonc à plumasseau.	3.33593	0.50811	id.
Tournesol.	20.70	4.	id.
Genêt à fleurs. . .	3.005	1.3087	Julia de Fontenelle
Bruyère.	2.9019	0 84	id.
Tiges de maïs. . .	9.351	2.004	id.
Erigeron canadense.	10.80	2.652	Bouillon-Lagrange
Ecorce du marronnier d'Inde. . .	18.460	4.840	Julia de Fontenelle
Centaurée.	8.44	2.008	Kirwan.
Feuille de bardane.	4.840	0.9840	Julia de Fontenelle
Camomille en fleur.	5.630	1.800	id.
Feuilles d'oranger.	14.240	2.404	id.

Ce tableau sert à démontrer : 1° que les herbes donnent beaucoup plus de cendres que le bois, et que ces mêmes cendres sont plus riches en potasse (1) ; 2° que de toutes les substances herbacées, la fumeterre est celle qui donne le plus d'alcali ; après cette plante vient l'absinthe, et graduellement le tournesol, l'*erigeron canadense*, les feuilles d'oranger, les tiges de maïs, etc. L'expérience a démontré que les parties les plus jeunes des arbres, et surtout les feuilles, fournissent le plus de potasse.

La connaissance de cet alcali date de temps immémorial. Nous n'entreprendrons point de prouver si elle a précédé celle de la soude. Nous nous contenterons de faire observer que les Egyptiens calcinaient fortement les cendres et les employaient ensuite comme caustiques.

De tous les philosophes grecs, Aristote est le premier qui a annoncé que les cendres des joncs et des roseaux donnaient une lessive abondante ; Pline et Columelle parlent dans leurs ouvrages des lessives alcalines. Mais c'est surtout dans les écrits des Arabes qu'on trouve les premières données sur l'alcali (2) ; je dis alcali, parce qu'on a confondu sous ce nom la potasse et la soude jusqu'en 1745, époque à laquelle les travaux de MM. Pott, Duhamel, et Margraaff ont annoncé cette différence que les expériences des pneumaticiens ont établie d'une manière évidente. Ces deux alcalis prirent les noms, la potasse, d'alcali végétal (3), et la soude, d'alcali minéral.

Nous avons déjà fait connaître que les diverses substances végétales ne donnaient pas également des cendres ni d'alcali. Nous ajouterons à ces faits les remarques suivantes, c'est qu'en règle générale, les arbres sont moins riches en potasse que les arbrisseaux, et que ces derniers le cèdent aux plantes herbacées. Pour l'ordinaire, le produit des arbres étant égal à 1, celui des arbrisseaux l'est à 3, et celui des plantes à 5.

(1) Il faut en excepter l'écorce du marronnier d'Inde, qui donne une quantité de cendres incroyable d'après le modique produit des arbres.

(2) Le mot *alcali*, qu'on écrivait, avant la nouvelle nomenclature chimique, *alkali*, est composé du nom arabe *kali*, qui est celui de la plante de laquelle on tirait la soude, et de la particule *al*, qui indique la force ou la supériorité du sel sur la plante même.

(3) La dénomination d'alcali minéral pouvait convenir aussi bien à la potasse qu'à la soude, puisque la potasse a été trouvée dans l'augite par Trommsdorf ; dans la leucite, par Klaproth et Vauquelin ; dans l'obsidienne, par Drappier, Descotils, Vauquelin et Klaproth ; dans l'adulaire, le feldspath commun, la lépidolite, la chlorite, la hornblende, etc. Voyez le *Manuel de Minéralogie*, de l'*Encyclopédie-Roret*.

Le tronc des arbres donne moins d'alcali que les branches, celles-ci moins que les fruits, et ceux-ci moins que les feuilles. Il est aussi bien démontré que les arbres à moelle l'emportent sur les arbres durs; l'on peut même ajouter que la quantité de potasse semble être en raison inverse de leur dureté. M. Th. de Saussure, qui a fait un travail étendu sur ce sujet, a démontré que les plantes qui transpirent le plus sont aussi celles qui en fournissent une plus grande quantité; que l'écorce en donne beaucoup plus que l'aubier, et celui-ci plus que le bois; enfin, que les arbres toujours verts sont moins riches en alcali que ceux qui perdent leurs feuilles en hiver.

On a disputé longtemps pour savoir si les alcalis existaient tout formés dans les plantes, ou s'ils étaient le produit de la combustion. Les travaux de Rouelle, Duhamel, Margraaff, Deyeux, Vauquelin, etc., l'ont évidemment démontré. D'ailleurs les cendres des bois qui séjournent longtemps dans l'eau, et que, pour cette raison, on appelle *bois flottés*, en sont une nouvelle preuve, puisqu'elles ne donnent pas d'alcali. Nous ajouterons cependant à cela que la combustion paraît en augmenter la quantité. J'ai fait connaître aussi que les plantes qui avaient subi un commencement de putréfaction végétale en fournissaient davantage.

Extraction de la Potasse de Cendres.

Le procédé pour l'extraction de la potasse varie suivant les substances d'où on la retire. Ainsi, lorsqu'on emploie la lie du vin (1), on doit la laisser bien égoutter, et la mettre ensuite dans des petits sacs en toile pour l'exprimer et en former des pains qu'on fait sécher pour les brûler ensuite. Il en est de même de la vinasse, qui offre le double avantage de servir auparavant de combustible pour l'évaporation de la liqueur alcaline.

Lorsqu'on se propose d'extraire la potasse des végétaux, on doit choisir de préférence ceux ou les parties de ceux que nous avons indiqués. Il vaut mieux recueillir les plantes à l'état de maturité et ne pas attendre qu'elles soient parfaitement sèches; car, ainsi que l'ont annoncé MM. Lavoisier et Chaptal, la combustion augmente la quantité d'alcali; mais, si elle est trop rapide, elle en donne moins que lorsqu'elle est lente. On doit donc mettre les plantes en tas, avant qu'elles soient bien sèches, et creuser dans la terre des fosses

(1) La lie de vin brûlée et fortement calcinée est connue sous le nom de cendres gravelées. Elle contient beaucoup de potasse et de sous-carbonate de potasse, qui proviennent de la décomposition de la crème de tartre qu'elle renferme.

de 1 mètre (3 pieds) de profondeur sur 2m.60 (8 pieds) de diamètre, que l'on enduit de terre glaise. Cette méthode est préférable à celle de les brûler en tas, parce que la combustion est plus lente, et que le vent n'emporte rien des produits; il est même inutile de surmonter les fosses d'une grille, parce qu'on retombe alors dans l'inconvénient que nous venons de signaler. Lorsque les fosses sont bien sèches, on y brûle peu à peu les plantes, et quand elles sont pleines, on les tasse avec des billots de bois. Dès qu'elles sont froides, on les lessive à l'eau froide, en y ajoutant cinq pour cent de chaux pure, l'on filtre et l'on fait évaporer la liqueur pour la réduire aux deux tiers (1). On la coule dans des baquets où on la laisse déposer pendant huit jours une grande partie des sels moins solubles, et les substances étrangères qu'elle contient. On décante alors, et on fait évaporer cette lessive dans des pots de fer, et à siccité. Le résidu, qui porte le nom de *salin*, est soumis à la chaleur d'un fourneau de réverbère, où la partie extractive est consumée et l'eau surabondante évaporée; aussi le *salin* acquiert alors une couleur plus ou moins blanche, et perd de 10 à 15 pour cent de son poids : c'est ce qu'on appelle potasse. Dans cette calcination, il faut éviter que le sel ne se fonde, parce que la matière extractive ne serait pas totalement brûlée, et que la potasse s'unirait avec les parties terreuses pour former une espèce de substance vitreuse très-difficile à dissoudre.

Quelle que soit la beauté de la potasse ainsi obtenue, elle est cependant bien loin d'être pure, ainsi qu'on pourra en juger par l'exposé des principes constituants des cendres des végétaux.

Analyse des Cendres végétales.

Les cendres des végétaux renferment un grand nombre de principes salins, d'oxydes métalliques, etc. De ce nombre sont :

Parmi les oxydes, ceux de

Alumine.	Manganèse.
Fer.	Silice.

Parmi les sels,

Les carbonates de chaux.	— Potasse.
— de magnésie.	— Soude.

(1) On donne le nom de *charrée* au résidu de la lessive des cendres qui reste dans les cuviers ; elle est composée de silice, d'alumine, de sous-carbonate de chaux et de quelques sels à base de potasse ou de soude, suivant les lieux d'où proviennent les plantes brûlées. Cette charrée est employée à la fabrication des bouteilles et des verres à vitre communs; on y ajoute un peu de soude, etc.

Les hydrochlorates de chaux. — Potasse.
— de magnésie. — Soude.
L'hydriodate de potasse (1).
Les nitrates de chaux. — Potasse.
— de magnésie.
Les sous-phosphates de chaux. — Potasse.
— de magnésie. —
Les sulfates de potasse et de soude.
Le soufre.

Tous ces principes salins ne se trouvent pas en même temps dans le même végétal; ceux qu'on y trouve le plus généralement sont : les sous-carbonates et phosphates, les hydrochlorates et sulfates de potasse, ainsi que les sous-carbonates et sous-phosphates de chaux, le sous-phosphate de magnésie, l'hydrochlorate de soude, la silice et les oxydes de fer et le manganèse.

Les plantes dites marines, telles que les salsola, les fucus, etc., au lieu de sous-carbonate et de sulfate de potasse, etc., donnent du carbonate et du sulfate de soude. M. Chaptal et moi avons reconnu que certains végétaux, tels que le *tamarix gallica*, etc., cultivés sur les bords ou à 2 kilom. de distance de la mer, donnaient des sels à base de soude, tandis que, cultivés à un rayon de 4 myriam., ils produisaient des sels à base de potasse.

D'après les connaissances des principes constituants des cendres, il est aisé de voir que la potasse contient toujours une quantité plus ou moins grande de substances étrangères impropres à la fabrication des savons et du verre.

Pour reconnaître leur force ou leur pureté, on a inventé un instrument nommé *alcalimètre*, que nous ferons connaître bientôt. Nous dirons, en attendant, que ces substances étrangères qui altèrent sa pureté lui donnent des propriétés différentes; aussi les teinturiers ont-ils bien reconnu que les couleurs varient suivant la quantité des potasses qu'ils emploient. Nous devons à l'illustre Vauquelin une analyse très-exacte des diverses potasses du commerce, qui est du plus grand intérêt pour la fabrication du verre. D'après cet habile chimiste, toutes les potasses du commerce contiennent du sulfate et du muriate de cet alcali; relativement à la quantité de potasse qu'elles contiennent, sur 1152 parties, elles doivent être ainsi rangées :

(1) En supposant avec M. Gaultier-Claubry que l'iode est dans cet état salin dans le varech.

Potasse d'Amérique	857
— de Russie	772
Perlasse (1)	754
— de Dantzick	603
— des Vosges	444
— de Trèves	251

Voici leur composition moyenne sur 100 parties prises sur un grand nombre d'échantillons des potasses d'Illyrie, suivant M. L. T. Bley :

PREMIER ESSAI	Carbonate de potasse	78.75	100.00
	Carbonate de soude avec sulfate de soude	12.50	
	Silice et gypse (?)	8.75	
DEUXIÈME ESSAI	Carbonate de potasse	82.85	100.00
	Carbonate de soude et sel de Glauber	12.50	
	Silice, sable et gypse (?)	4.65	

La potasse de Kasan a donné à M. Hermann, dans une analyse complète :

Dans la portion soluble :

Acide carbonique	27.790	99.787
Potasse	47.455	
Soude	2.730	
Sulfate de potasse	17.062	
Chlorure de potassium	3.965	
Bromure de potassium	traces.	
Phosphate de potasse	0.443	
Silice	0.344	

Dans la portion insoluble :

Chaux	0.054	0.211
Alumine	0.012	
Acide manganique	0.013	
Silice	0.132	
		100.00

Une nouvelle analyse des potasses faite par le moyen de

(1) En Angleterre, on consacre le nom de *perlasse, pearl ashes*, cendre-perlée, à une potasse très-blanche qui provient des Etats-Unis de l'Amérique ; celle de première sorte est la plus forte du commerce. On assure cependant que celle que l'on fabrique en Toscane est encore plus forte.

l'alcalimètre de Gay-Lussac, a permis de les classer ainsi qu'il suit, par rapport à leur degré alcalimétrique.

Potasse d'Amérique,	1re sorte. . .	54° à 58°
— —	2e —	48 à 52
— —	3e —	25 à 42
— de New-York,	1re sorte. . .	55 à 60
— —	2e —	25 à 45
— —	3e —	25 à 40
— de Kasan	. . . .	54 à 55
— de Pologne	. . . .	55 à 60
— de Riga	. . . .	30 à 50
— de Toscane,	1re sorte. . .	50 à 55
— —	2e —	55 a 60
— —	3e —	50 à 55

Pour obtenir la potasse pure, on la dissout dans l'eau froide, on y ajoute de la chaux vive, et on les fait bouillir ensemble; on filtre la liqueur, et on l'évapore jusqu'à consistance épaisse; on y ajoute alors un peu plus de son poids d'alcool rectifié qu'on laisse infuser ensemble dans un vase fermé; il se forme bientôt un dépôt surmonté d'un liquide brun foncé sur lequel surnage une liqueur claire. On décante celle-ci, on l'évapore rapidement dans une capsule de verre, et on la fond ensuite dans un vase d'argent: c'est la potasse pure. Pour s'assurer qu'elle l'est, sa solution aqueuse doit rester transparente quand on y ajoute de l'eau de chaux, ne point se troubler quand on y fait passer à travers un tube l'air expiré des poumons, et ne point faire effervescence avec l'acide sulfurique affaibli. La potasse a été regardée comme un alcali jusqu'en 1807, époque à laquelle M. Davy découvrit que c'était un oxyde d'un nouveau métal, auquel il donna le nom de *potassium*.

D'après MM. Gay-Lussac et Thenard, la potasse est composée de

Potassium.	100
Oxygène.	20

OXYDE DE SODIUM, OU SOUDE.

C'est au hasard, père de presque toutes les découvertes, qu'il paraît que celle de la soude est due. Selon Pline le Naturalise, cet alcali fut trouvé par des marchands que la tempête avait jetés à l'embouchure du fleuve Bélus en Syrie, et qui ayant fait cuire leurs aliments avec du kali, les cendres qui en provinrent, mêlées avec le sable, donnèrent par la

fusion une matière vitreuse. Laissant de côté toute hypothèse, nous nous bornerons à dire que la soude fut indiquée dans le neuvième siècle par l'arabe Gebert, non comme un alcali *sui generis*, mais comme de même nature que la potasse ; c'est depuis les travaux de Pott, Margraaff, Duhamel, et surtout Bergmann, que cette différence a été bien établie.

Soude native.

Ce n'est que de nos jours qu'on a trouvé la soude dans les substances minérales. Kennedy (1), qui a découvert la présence de la potasse dans la pierre ponce, on a trouvé la soude dans quelques basaltes ; Klaproth a fait voir ensuite que cet alcali existait dans la chrysolite du Groënland, dans la proportion de 0,36 ; M. Vauquelin, qui a répété cette analyse, n'en a retiré que 0,33.

Soude tirée de la combustion des plantes marines.

On connaît une infinité de plantes susceptibles de donner de la soude. De ce nombre sont la famille des *salsola*, les *fucus*, quelques *chenopodium*, le *tamarix gallica*, etc. Nous allons nous borner à citer celles qui en fournissent le plus. Nous avons extrait ces détails du Mémoire sur la culture de la soude, que nous avons publié dans le numéro 147 des *Annales de Chimie*.

1. *Soude dite Rochette.*

La rochette ou roquette est préférée à toutes les autres soudes. Les plantes dont on la retire à Alexandrie sont, d'après *Alpinus*, le *kali geniculatum* que Colonne a aussi trouvé à Naples, et auquel il a donné le nom de *kali repens neapolitanum*, le *kali épineux*, et le *kali egyptien*.

2. *Soude d'Alicante.*

On distingue deux soudes d'Alicante : la *barille* et la *bourdine*. La première, qui est la plus estimée, est fournie par une plante que M. de Jussieu a décrite (2) sous le nom de *kali hispanicum, annuum, sed foliis brevibus*. La deuxième, ou la plus commune, se retire du *kali geniculatum*, et du *kali majus cocleato semine*.

Le *kali hispanicum* croît naturellement sur les côtes maritimes de Murcie, de Valence, de Grenade, et principale-

(1) Avant ce chimiste, M. Chaptal s'était aperçu qu'on pouvait remplacer la soude en partie, dans la fabrication du verre, par la lave et les basaltes, sans cependant avoir démontré l'existence de la soude dans ces produits volcaniques.

(2) Mémoires de l'Académie des Sciences, 1717.

ment sur celles d'Alicante, où on le sème pour le propager davantage. Les ouvriers le désignent sous le nom de la *Maria*.

3. *Soude de Varech.*

Le varech est une plante maritime que Tournefort a décrite sous le nom de *fucus maritimus vesiculos habens*. Elle est connue en Bretagne sous celui de *gouémon*, etc.

A Carthagène, Alicante, Cherbourg, aux environs d'Alexandrie, etc., lorsqu'on veut extraire cet alcali de ces plantes, on les cueille dans leur maturité, et on les fait sécher au soleil; on les met ensuite en tas, et on les brûle sur des grilles de fer placées sur des fosses destinées à recevoir les cendres. Mais, plus généralement, on fait brûler ces plantes dans une fosse, et la soude qui provient de cette combustion est partie en cendre et partie en pierre. On la nomme, suivant les pays, *soude*, *salicor*, *salicorne*, *blanquette*, *doucette*, etc.

Soude de Languedoc, ou Salicor.

Le Languedoc fournit quatre qualités de soude, qui sont: le *salicor*, la *soude*, la *blanquette* et la *doucette*.

A. *Salicor.* Cette soude est la plus estimée; elle est produite par une plante que Linnée a nommée *salsola soda*; Dodonæus *sali soda;* Lobel, *kali magnum, Sedi medii folii folio.*

B. *Soude.* Ce nom est particulièrement consacré à l'alcali que l'on extrait de plusieurs plantes qui croissent naturellement sur les plages qui avoisinent la mer. Les principales sont le *salicornia fruticosa caule erecto*, et le *salsola hirsuta* de Linnée, qu'il a aussi désigné sous le nom de *chenepodium hirsutum*, et que Jean Bauhin a nommé *kali minus villosum*, et Gaspard Bauhin, *kali parvum hirsutum*. Cet alcali est inférieur, ou pour mieux dire moins riche que le salicor.

C. *Blanquette.* C'est le produit du *chenopodium maritimum* de Linnée, *kali minus, album semi-splendente* de Gaspard Bauhin et de Morisson, et *kali minus foliis lucidis* de Magnol.

D. La *Doucette* est produite par le mélange des diverses plantes que je viens de nommer. Toutes croissent sans culture, à l'exception de celles qui produisent le salicor.

Lorsqu'on veut préparer ces diverses soudes, on arrache ces plantes avec leurs racines, on les laisse exposées à l'air jusqu'à ce qu'elles soient fanées; on les met alors en tas, et on les laisse en cet état pendant environ huit jours, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on s'aperçoive qu'elles ont commencé à

subir un commencement de putréfaction (1). On les brûle alors dans des fosses de 1 metre (3 pieds) de profondeur sur 1m.30. (4 pieds) de largeur; au bout de deux heures on pétrit la pâte brûlante, qui est dans la fosse, avec de longues barres, pendant un quart-d'heure; on remet alors de nouvelles herbes à brûler, et l'on pétrit de nouveau au bout de deux heures; ou renouvelle enfin cette opération jusqu'à ce que la fosse soit pleine. On la recouvre alors de terre, et cinq à six jours après on la découvre, et l'on coupe la pierre qui remplit cette fosse en deux ou trois parties, afin de la rendre plus aisée à transporter.

A Carthagène, Alicante, Cherbourg, etc., on obtient la soude partie en cendres et partie en pierre. Cela dépend de ce qu'en faisant sécher les plantes on les prive de leur eau de végétation; dès lors l'alcali et les sels qu'on en obtient sont pulvérulents; lorsque ces végétaux au contraire ne sont pas secs, comme cela se pratique à Agde, Narbonne, Sales, etc., l'alcali et les sels se trouvent éprouver une sorte de fusion aqueuse avec l'eau de végétation de ces plantes. La soude, de même que la potasse obtenue par la combustion des plantes, n'est jamais pure; nous allons offrir dans un tableau les analyses qui en ont été faites par M. Chaptal et moi.

(1) MM. Vauquelin, Julia de Fontenelle, Marcorelle, Mazeas et Motet croient que la putréfaction augmente la quantité d'alcali.

TABLEAU COMPARATIF

Des quantités de soude et de sels contenues dans les diverses soudes du Languedoc.

NOMS des soudes analysées.	QUANTITÉS de soude.	SULFATE de soude.	SULFATE de potasse.	HYDROCHL. de soude.	SULFATES de magnésie.	SUBSTANCES insolub. dans l'eau.
	gram.	gram.	gram. centig.	gram.	gram.	gram.
500 gram. de cendres de :						
1° Doucette.	20	quant. inap.	» 53	150	3	300
2° Blanquette.	80	»	1 92	155	4	250
3° Soude.	125	»	1 92	15	un peu.	180
4° Salicor de Montpellier.	220	»	un peu.	90	»	170
5° Salicor de Narbonne	240	4	» 96	80	»	155
6° Barille.	265	4	1 28	75	»	145

Soudes dites factices ou artificielles.

Tel est le nom qu'on donne aux soudes que l'on extrait du sel marin dans diverses fabriques aux environs de Marseille, de Paris, etc. Lorsque le blocus continental nous privait du secours des soudes étrangères, un grand nombre de chimistes s'occupèrent de son extraction de l'hydrochlorate de soude (sel marin). MM. Leblanc et Dizé mirent en usage le procédé qui est suivi de nos jours avec les perfectionnements de MM. d'Arcet et Anfrye. Ce procédé consiste à décomposer le sel marin au moyen de l'acide sulfurique, et à le convertir ainsi en sulfate de soude. On prend alors 180 parties de ce sel sec, 180 parties de craie en poudre fine, et 110 de poussier de charbon de bois (1). On mêle soigneusement ces substances, et on les introduit dans un four à réverbère de forme elliptique dont on élève la température au-dessus du rouge cerise (2), en ayant soin de brasser ce mélange chaque quart-d'heure. Lorsque la matière est pâteuse, on la pétrit avec un ringard; on la retire ensuite, et on la reçoit dans une chaudière.

En suivant les proportions que nous venons d'établir, la soude obtenue contient 0,33 pour 1,00 d'alcali; les autres substances qui y sont unies sont du sel marin, du sulfure de chaux avec excès de base, du charbon, etc.

Six ouvriers peuvent faire dix fontes, ou bien 1,500 kilog. de soude tous les jours. Depuis que la France s'est enrichie de cette nouvelle branche d'industrie, la culture des salicors, dans le midi de la France, est presque totalement abandonnée, à cause du bas prix où ils sont tombés; aussi voit-on sur les bords de la Méditerranée de vastes terrains qui sont maintenant incultes.

(1) M. Leblanc donne les proportions de 100 de sulfate de soude, 100 de craie et 50 de charbon. Il y a des fabricants qui substituent le charbon de terre au poussier de celui de bois; ces soudes sont moins pures à cause des matières étrangères que contient le charbon de terre.

(2) Pour économiser le temps et le combustible, il faut : 1° que le four soit très-grand et tire bien; 2° ne pas faire de trop fortes charges de combustible; mais bien les faire petites et multipliées, afin d'obtenir un feu plus vif, et éviter qu'il se produise du mâchefer; 3° si les charges sont trop fortes, une portion du mélange reste longtemps sans couler; si elles sont trop faibles, le four est trop souvent refroidi; 4° si on remue la matière dès le principe, on en retarde la fonte : on doit attendre que la surface commence à couler; alors on la sillonne de temps en temps, jusqu'à ce que plus de la moitié soit en fusion; on remue alors plus souvent, et lorsque la fusion est aux deux tiers, on brasse continuellement. On peut consulter avec avantage la Notice sur l'alcalimétrie, de M. Descroizilles, et la Description des fourneaux et ustensiles qu'en a donnée M. Pelletan fils dans les *Annales de Chimie*.

On a fait, dit M. Descroizilles, à plusieurs fabricants de soude un reproche bien fondé, c'est de donner des produits trop chargés d'hydrosulfure, ce qui les rend défectueux pour la fabrication du savon blanc; et surtout de leur donner, au moment de leur fabrication, un degré de force alcalimétrique qu'ils perdent bientôt. Quelques-unes de ces soudes en étaient tellement chargées, qu'elles attiraient fortement l'humidité de l'air et répandaient une odeur forte d'œufs couvis. Maintenant qu'on a beaucoup amélioré les procédés de fabrication, les bonnes soudes françaises ont constamment une belle couleur gris cendré, n'exhalent aucune odeur, ne varient presque pas de poids, et jouissent constamment des mêmes propriétés. Les soudes sulfurées ne doivent cependant point être rejetées; elles sont, plus que les autres, propres à la fabrication des savons marbrés; elles servent à remplacer les soudes sulfurées qu'on importait en France sous le nom de *soudes bourdes* (1).

SOUS-CARBONATE DE SOUDE.

Alcali minéral, Craie de Soude, Méphite de Soude, Natron, Sel de Soude, Soude carbonatée.

Comme c'est la soude et le sous-carbonate de soude qu'on extrait des soudes naturelles et factices qui servent à la fabrication du savon, nous croyons nécessaire de dire un mot de ce sel.

La nature nous offre le sous-carbonate de soude dans quelques eaux minérales, dans les eaux de mer, et principalement dans celles de quelques lacs, dans quelques substances pierreuses, parmi le sel marin fossile, etc. La plupart de ces lacs existent en Hongrie et dans plusieurs contrées d'Egypte. Les quatre que MM. Rückert a exploités sont dans le comté de Bihar, entre Debrezin et Grosswardein. Il y a des comtats qui ont jusqu'à quatorze de ces lacs; la plupart sont abandonnés; on n'exploite que ceux qui sont à la portée de Debrezin. MM. Sicard et de Volney ont décrit les deux lacs qui sont situés à l'ouest du Delta, dans le désert de *Chaïat* ou de Saint-Macaire. Nous devons au général Andréossi les connaissances les plus exactes que nous ayons sur la vallée de ces mêmes lacs (1). Dans le Mexique, on trouve aussi des lacs qui contiennent beaucoup de carbonate de soude. Ce sel se trouve en efflorescence à la surface du Delta, en Egypte,

(1) Descroizilles, *loco citato.*

(2) Voyez la *Décade égyptienne.*

ainsi qu'en Turquie, en Barbarie, dans la province de Sukena, près de Bassora, aux environs d'Ephèse et de Smyrne, parmi les sables du fleuve Bélus, dans les Indes, à la Chine, en Sibérie, en Perse, dans la Tartarie thibétaine, etc.; en France, aux environs d'Arras, près d'Ostende, du Hâvre, de Dieppe, de Fécamp, et dans la plaine de Narbonne, dite *l'Etang salin* (2). Le sous-carbonate de soude, tel qu'on l'extrait des lacs, a porté et porte encore le nom de *natron* ou *natrum*; il est très-propre à la fabrication des savons et du verre; il est composé, suivant M. Klaproth, de

Acide carbonique.	39
Soude.	38
Eau.	23
	100

La soude, ainsi que la potasse, a été considérée jusqu'en 1807 comme un alcali, qu'on appelait minéral. Ce fut à cette époque que M. Davy parvint à la décomposer, et à reconnaître qu'elle était un oyxde d'un métal nouveau, qu'il nomma *sodium*. D'après les analyses de MM. Gay-Lussac et Thenard, la soude ou l'oxyde de *sodium* est composé de

Sodium.	100
Oxygène.	33,995

Moyen propre à reconnaître le degré d'alcalinité des Potasses et des Soudes.

Nous avons précédemment fait connaître que les potasses et les soudes du commerce contenaient, outre ces alcalis et ces carbonates, une plus ou moins grande quantité de substances étrangères; or, comme ce n'est que ces alcalis et leurs sous-carbonates qui puissent être spécialement employés pour les fabrications du savon et du verre, pour la teinture, etc., on a dû chercher des moyens propres à reconnaître les quantités respectives d'alcali que les cendres, les potasses et les soudes du commerce contenaient. Quoique l'*alcalimètre* de Descroizilles soit susceptible de quelque amélioration, il offre cependant ce précieux avantage. Il repose sur les quantités d'acide sulfurique que neutralisent ces alcalis pour passer à l'état de sel neutre.

L'alcalimètre se compose d'un tube de verre de 20 à 25 centim. (8 à 9 pouces) de longueur sur environ 16 millim. (7

(1) Julia de Fontenelle, Mémoire sur la culture de la soude, *Annales de Chimie*, n° 147.

à 8 lignes) de diamètre. L'extrémité inférieure est fermée et terminée par un pied sur lequel il repose. L'extrémité supérieure est ouverte et entourée d'un rebord saillant. Ce tube doit contenir de 70 à 80 gram. au plus d'eau ; il porte une échelle alcalimétrique divisée en 100 parties représentant chacune 1/2 gram ou un demi-millième de litre d'eau. Cette échelle, les chiffres et l'inscription sont gravés sur le verre au moyen d'une plume de diamant (1).

La liqueur alcalimétrique ou d'épreuve se prépare de la manière suivante : On prend une bouteille neuve ; on la lave à l'eau distillée, et on y pèse 8 hectog. d'eau pure ; on marque sur le col de cette bouteille, avec un diamant, le point d'élévation du liquide, dont on retire une moitié. D'autre part, on pèse également dans un flacon bien propre et bien sec 8 décag. (ou un dixième du poids de l'eau) d'acide sulfurique à 66 degrés ; on verse peu à peu cet acide dans l'eau de la bouteille, et l'on agite à chaque fois, afin que la chaleur qui se dégage ne casse point la bouteille ; on lave ensuite le flacon avec l'eau qu'on a mise de côté ; on réunit cette eau de lavage à celle de la bouteille, à laquelle on ajoute une nouvelle en l'agitant chaque fois jusqu'à ce que la liqueur soit parvenue à la marque pratiquée sur le col de la bouteille. Il nous reste maintenant à indiquer la manière d'opérer : nous allons l'emprunter à l'auteur même, Descroizilles.

ESSAIS ALCALIMÉTRIQUES.

1. *Potasse.*

Lorsqu'on veut reconnaître la force alcaline des potasses, ou mieux la quantité d'alcali qu'elles contiennent (2), on en prend, sur la masse, divers échantillons qu'on mêle ensemble ; on en pèse ensuite bien exactement 10 gram. qu'on met dans un verre, et l'on y verse ensuite les quatre cinquièmes d'un demi-décilitre d'eau ; on agite avec un cylindre de verre plein pour favoriser la solution de la potasse : quand elle est parfaite, on la verse dans une petite mesure d'étain, d'un demi-décilitre de contenance, on finit de le remplir avec de l'eau, on la verse de nouveau dans le verre, et l'on y ajoute un nouveau décilitre d'eau pure ; on agite de temps en temps, on laisse déposer la liqueur ; quand elle est claire

(1) Descroizilles a disposé sur ce tube d'autres échelles pour reconnaître les degrés de force des chlorures, des vinaigres et des eaux-de-vie ; ce nouveau tube porte le nom de Polymètre chimique.

(2) Je dis *alcali*, en comprenant sous ce nom les carbonates de ces alcalis, à cause de leur solubilité et de leur facile décomposition au moyen de la chaux ;

on la décante, et on remplit la petite mesure d'étain, que l'on verse aussitôt dans un verre. Ces dispositions faites, on dispose autour d'une assiette plusieurs gouttes de sirop de violettes, et l'on remplit le tube alcalimétrique de liqueur d'épreuve jusqu'au point *o;* on fait alors tomber, à gouttes précipitées ou à très-petit filet, de la liqueur de ce tube dans la liqueur alcaline claire que l'on a versée dans le verre, en ayant soin d'agiter constamment la liqueur alcaline avec un tube de verre, tant que dure l'effervescence. De temps en temps on porte, au moyen d'une allumette, un peu de cette liqueur alcaline sur une des gouttes du sirop de violettes (1) : s'il verdit, c'est une preuve que tout l'alcali n'est pas saturé; on ajoute peu à peu de la liqueur d'épreuve dans la liqueur alcaline jusqu'à ce que celle-ci lui communique une faible teinte rougeâtre.

On s'arrête alors, et l'on examine à quel point de l'échelle la liqueur acide est descendue, et l'on en compte un degré de moins pour compenser l'excès de saturation. Le degré ordinaire des potasses du commerce est 55, c'est-à-dire qu'elles absorbent et neutralisent les 55 centièmes de leur poids d'acide sulfurique pour passer à l'état de sulfate. Au-delà de ce point elles sont fortes; elles sont faibles si elles marquent moins. Il est aisé pour lors de connaître les degrés de force ou de faiblesse.

Dans cette opération, aussi simple qu'utile, chaque fois qu'on verse de la liqueur d'épreuve dans la liqueur alcaline, il se produit une effervescence qui est due au dégagement de l'acide carbonique du sous-carbonate de potasse qui cède cet alcali à l'acide sulfurique avec lequel il s'unit. Tous ceux qui se livrent à l'étude de la chimie savent que les acides rougissent la plupart des couleurs bleues végétales, et que les alcalis les verdissent : or, toutes les fois qu'on touche le sirop de violettes avec la liqueur alcaline, et que ce sirop verdit, c'est une preuve qu'il y a de la potasse libre dans la liqueur; lorsqu'au contraire, le sirop de violettes commence à rougir, c'est un indice certain que tout l'alcali a été saturé, et qu'il y a dans la liqueur de l'acide libre. Pour que la saturation de la liqueur alcaline, par la liqueur acide ou d'épreuve, soit exacte, il faut qu'elle ne change nullement le sirop de violettes. Dans le cas qu'on fût dépourvu de ce sirop, on pourrait y suppléer en trempant dans la liqueur alcaline du papier de tournesol; le sirop de violettes est cependant préférable.

(1) C'est ordinairement lorsqu'on a versé de la liqueur jusqu'à ce que son niveau, soit au point 40, que l'on commence d'essayer au moyen du sirop de violettes.

2. *Potasses dures, Natrum, Cendres gravelées, et autres Alcalis en masses dures.*

Ce procédé est le même que le précédent, avec cette seule différence qu'au lieu de prendre un décagramme en masse, on le prend en poudre fine.

3. *Soudes.*

Les soudes, essayées à diverses époques plus ou moins éloignées de leur fabrication, et exposées à l'air humide, donnent des résultats alcalimétriques très-variables. Cet effet est dû au sulfure de soude qu'elles contiennent, lequel se convertissant en sulfate rend le degré alcalimétrique moindre. parce que le sulfate de soude, qui a remplacé le sulfure, ne peut absorber d'acide sulfurique (1). Il est aisé de voir après cela que les soudes nouvellement fabriquées doivent donner plus de degrés alcalimétriques. Nous allons maintenant faire connaître la manière de constater le titre des soudes, d'après la méthode de Descroizilles.

On prend un décagramme de soude prise du poussier; de la croûte, de l'intérieur de la masse, et préalablement concassée. D'autre part on introduit dans une petite bouteille 9 dixièmes d'un décilitre d'eau, et on verse l'autre dixième dans un mortier de marbre pour y broyer le décagramme de soude pendant cinq minutes; on y ajoute ensuite deux autres dixièmes de l'eau des 9 dixièmes; au bout de quelques secondes on décante l'eau qui surnage la soude; on broie le résidu, et on y ajoute deux autres dixièmes d'eau; on décante de nouveau, et l'on recommence cette opération jusqu'à ce qu'on ait employé toute l'eau, avec les derniers restes de laquelle on lave soigneusement le pilon et le mortier. On agite dans une bouteille toutes les liqueurs réunies, on filtre, et l'on en prend un demi-décilitre pour faire cette opération, comme pour les potasses.

Ces opérations exigent beaucoup d'exactitude; l'on doit surtout faire attention à ce que les soudes ne soient point humides, car alors, le poids augmentant jusqu'à 40 centièmes les résultats doivent nécessairement être moindres.

(1) Lorsque les soudes des fabriques françaises sont bien préparées, elles ne sont presque point sulfureuses, et donnent un degré alcalimétrique constant, si les essais sont faits avec les mêmes soins et la même exactitude.

RÉSULTATS ALCALIMÉTRIQUES

Obtenus par Descroizilles de plusieurs milliers d'essais qu'il a faits pendant plus de trente ans.

A. *Potasse.*

Perlasse d'Amérique, 1re sorte, de	60 à 63	centièmes.
— — 2e — de	50 à 55	—
Potasse caustique en masses rougeâtres d'Amérique, 1re sorte, de	60 à 63	—
Potasse en masses grises d'Amérique, 2e sorte.	50 à 55	—
Potasse blanche de Russie, de . .	52 à 58	—
— — de Dantzick, de. .	45 à 52	—
— bleue de Dantzick, de. .	45 à 52	—
Cendres de bois neuf de cheminée	8 $^1/_5$ (1)	
— de bois flotté.	4 $^2/_5$	

Descroizilles a trouvé quelquefois des potasses à 66, des potasses d'Amérique, première sorte, à 72, d'autres à 66, etc.

B. *Soudes.*

Soudes factices, de.	30 à 35	centièmes.
Sel de soude cristallisé et bien exalté.	36	—
Soude d'Alicante, de	20 à 33	—
Natrum, de	20 à 33	—
Soude et natrum de qualités inférieures, de	10 à 15	—

D'après Julia de Fontenelle :

Salicor de Narbonne, de.	16 à 25 (2)	cent.
Soudes de Narbonne, de.	10 à 15	—
Blanquettes, de	6 à 9	—

Descroizilles a rencontré des morceaux de *natrum* à 60 et des soudes à 40. Il y a apparence que le *natrum* devait être dépouillé de son eau de cristallisation.

D'après cet exposé, il est aisé de voir combien la connaissance du titre des potasses et des soudes importe aux *ver-*

(1) D'après M. Darcet.

(2) Le degré ordinaire des bons salicors de Narbonne, Agde, etc., est de 20 degrés. ces degrés varient suivant que leurs propriétaires y mêlent des *chenopodium* et autres plantes que produisent les soudes de varech, de doucette, etc.; dans les bonnes années les salicors bien purs donnent 25.

riers, et c'est ce qui nous détermine à présenter ici le perfectionnement introduit d'abord par M. Gay-Lussac dans le mode d'essai de Descroizilles, puis quelques autres moyens proposés depuis par divers chimistes pour faire ces essais, et enfin le procédé de MM. Will et Fresenius, qui nous paraît un des plus simples et des plus complets.

Procédé alcalimétrique de GAY-LUSSAC.

Le procédé de Descroizilles donne directement, ainsi qu'on vient de le voir, les degrés alcalimétriques, celui de Gay-Lussac ne donne au contraire que le titre pondéral, mais ce titre pondéral se transforme aisément en degrés alcalimétriques par un calcul très-simple, ainsi qu'on va l'expliquer.

Les appareils pour faire l'essai des alcalis par le procédé Gay-Lussac, se composent d'un vase contenant un litre, fig. 63 ; d'une éprouvette à pied, de la capacité d'un demi-litre, fig.64; d'une pipette renfermant un vingtième de litre, fig 65; d'un vase à bords droits, à fond plat et mince, fig. 66 ; d'une burette graduée, à tube latéral, fig. 66 *bis* ; d'un agitateur, d'un tube, d'un entonnoir et de deux poids, dont l'un marqué P, sert pour les potasses, et l'autre marqué S sert pour les soudes.

On commence par préparer la liqueur d'épreuve qui se compose de 100 grammes d'acide sulfurique, du poids de 1,8427 à 15° C. ou 65° B., pesés avec le plus grand soin, et 962 gram. 09 d'eau qui, après le mélange et le refroidissement à 15° C., coupent exactement un volume de 1000 centim. cubes ou 1 litre.

Avant de détailler les moyens employés pour prendre le titre des alcalis, il est utile de faire connaître comment on prépare le réactif propre à déterminer le point de saturation; pour cela il faut faire bouillir une certaine quantité de tournesol, dans environ dix fois son poids d'eau, et filtrer ; on obtient une liqueur d'un bleu foncé, dont une partie est réservée dans un flacon, et dont l'autre partie est étendue sur du papier à lettre au moyen d'un pinceau. Quand ce papier est sec, on le coupe par bandes, et on le serre à l'abri de l'humidité et de la lumière.

La liqueur s'altérant rapidement, on pourra y ajouter un peu d'alcool pour la conserver plus longtemps ; mais le mieux est d'en préparer peu et souvent.

Pour indiquer comment on prend le titre d'un alcali, on supposera le cas le plus simple : soit une potasse blanche ; après en avoir pris un poids égal à celui qui est marqué d'un P, on la met dans l'éprouvette, fig. 64, que l'on remplit

d'eau jusqu'aux trois quarts, puis au moyen de l'agitateur, on remue pour faciliter la dissolution. Cela étant fait, on soulève l'agitateur jusqu'au-dessus du liquide ; on verse de l'eau dessus pour le laver, puis on le retire entièrement, et l'on achève de remplir l'éprouvette jusqu'à ce que la partie la plus inférieure du liquide, qui est toujours courbe, affleure le trait circulaire. Pour bien en juger, on placera le vase horizontalement, et on l'abaissera jusqu'à ce que l'œil et les deux parties du trait se trouvent au même niveau. Il faut éviter de dépasser ce trait, car il faudrait recommencer. On peut alors y replonger l'agitateur. On mesure ensuite une portion de la dissolution alcaline dans la pipette, fig. 65, en prenant les précautions qui viennent d'être indiquées pour le niveau. Pour y parvenir, on y fait monter le liquide jusqu'au-dessus du trait en aspirant, on bouche l'ouverture supérieure de la pipette avec l'extrémité de l'index, et on lâche lentement le liquide jusqu'à ce qu'on en ait le volume nécessaire, on le verse alors dans le vase, fig. 66 ; on passe un peu d'eau dans la pipette, et on l'ajoute à la liqueur alcaline qu'il faut colorer en bleu avec la dissolution de tournesol ; on place une baguette de verre dans ce vase, et on y verse peu à peu l'acide sulfurique, préparé comme nous l'avons dit. Cet acide est mesuré dans la burette graduée, fig. 67 ; elle doit en contenir jusqu'au 0° de la graduation ; on la tient de la main droite, et on agite le vase de la main gauche. Pour bien voir ce qui s'y passe, il est bon de le placer sur un morceau de papier blanc. Jusqu'à ce qu'on ait ajouté la moitié de l'acide nécessaire pour saturer toute la potasse libre que l'on essaie, la liqueur ne change pas de couleur ; mais passé cela, elle devient rouge vineux. A l'instant même où l'on a dépassé la deuxième moitié, la liqueur devient couleur de *pelure-d'ognon;* mais avant d'arriver là, il faut, avec la baguette de verre, mouillée de ce liquide, faire un trait transversal sur une bande de papier de tournesol, et répéter cette opération jusqu'à ce que le papier rougisse ; si, sur la fin on a versé par gouttes, on retranche les deux dernières qui ont déterminé la couleur rouge ou un quart de degré environ. Si même on avait plusieurs traits rouges, on retrancherait autant de quarts de degré. On lit le nombre sur la burette, et l'on a le titre pondéral, c'est-à-dire, que sur cent parties en poids, il existe autant de centièmes d'alcali réel que l'on a trouvé de degrés.

Avec un peu d'habitude, on parvient à déterminer facilement des cinquièmes de degré.

Il arrive souvent que, du premier coup, on dépasse la quantité d'acide nécessaire pour saturer l'alcali ; alors on

recommence et on verse de la liqueur d'une seule fois, jusqu'à environ trois ou quatre degrés de ce que l'on juge nécessaire pour réussir d'après le premier essai. On répète cette opération en très-peu de temps, et l'on peut recommencer jusqu'à dix fois de suite, puisque l'éprouvette contient de quoi faire dix essais.

Les sels de soude étant moins faciles à dissoudre que les sels de potasse, on peut en pulvériser une certaine quantité, peser ensuite, et dissoudre après; mais on peut expédier encore plus en dissolvant le sel au moyen de la chaleur; pour cela on se servira avantageusement de fioles de verre que l'on peut se procurer chez tous les pharmaciens : elles vont très-bien au feu, pourvu qu'on les chauffe en dessus. On met de l'eau froide jusqu'au quart de l'éprouvette, et on peut verser l'eau bouillante dessus sans danger pour le vase; on rince plusieurs fois la bouteille, et l'eau est ajoutée à la première pour remplir l'éprouvette.

Lorsque les sels contiennent des sulfates, ils donnent de fausses appréciations. Pour éviter cela, on les pèse et on les calcine ensuite avec environ un dixième de chlorate de potasse. La calcination peut se faire dans un vase de platine, d'argent, et même dans une capsule de porcelaine. Les hyposulfites et les sulfites sont transformés en sulfates, et l'on peut prendre le titre comme il a été dit précédemment.

Les *salins* sont quelquefois si colorés que l'on ne peut apprécier la teinte du tournesol qu'on ajoute à leur dissolution. Pour éviter cet inconvénient, on les calcine aussi avec du chlorate de potasse; la matière colorante se détruit en brûlant, et l'on agite alors comme sur une potasse.

Quand on essaie des cendres qui ne proviennent pas de plantes marines, on les pèse avec le poids marqué d'un P; on les fait bouillir avec environ un quart de litre d'eau; on décante la liqueur que l'on verse sur un filtre placé sur la grande éprouvette. On ajoute deux pipettes d'eau sur les cendres déjà lavées, on les fait bouillir de nouveau, on décante encore, on ajoute deux autres pipettes, et l'on verse tout sur le filtre; ou on lave les cendres en y versant de l'eau jusqu'à ce qu'on ait le volume d'un demi-litre de dissolution.

Les essais doivent se faire avec de l'eau de pluie, de préférence à celle des sources. Pour les rendre aussi utiles que possible, il faudra les faire sur des échantillons provenant du mélange de toute la masse.

On a dit que pour saturer un litre d'acide normal, il faudrait 96 gr. 14 de potasse ou 63 gr. 07 de soude, mais le poids

marqué d'un P équivaut à 48 gr. 07, et celui marqué d'un S à 31 gr. 85. Ces poids ne pourraient donc saturer que la moitié de l'acide. Mais comme ces quantités suffisent pour un essai, Gay-Lussac les amène, par la dissolution, au volume d'un demi-litre, dont il prend le dixième avec la pipette d'un vingtième de litre, volume qui correspond au degré de la burette qui représente des demi-centimètres cubes. Il est facile de voir que toutes ces quantités étant proportionnelles, ces rapports ne sont pas changés, et que l'on obtient les mêmes résultats que si l'on opérait sur le double de chacune d'elles.

Pour transformer le titre pondéral de la potasse en degrés alcalimétriques, il suffira d'en diviser le nombre par la fraction 0,9614. Pour transformer ces degrés en titre pondéral, multiplier par le même nombre; pour la soude, on se servira de la fraction 0,637.

Dans l'article *alcalimètre* que M. Baudrimont a inséré dans le tome 1er du *Dictionnaire de l'Industrie*, cet habile chimiste ajoute ce qui suit à la description du procédé Gay-Lussac :

« La potasse pure ne peut pas donner plus de 104°,01 ; la soude peut aller jusqu'à 156°,98.

» Le carbonate de potasse sec a pour titre pondéral 68,18, c'est-à-dire que, sur 100 parties de ce sel, il y a 68,18 d'alcali pur, et que le reste est de l'acide carbonique. Ce titre correspond à 70°,91.

» Le carbonate de soude sec et pur contient 0,6017 de soude, qui donnent 94°, 45.

» Le carbonate de soude cristallisé, qui contient de l'eau, renferme 0, 4173 de soude, et marque 34°,11.

» Quant aux bi-carbonates, il suffira de diviser la quantité de bases qu'ils renferment et qui expriment le titre pondéral, par les nombres qui ont été donnés pour les transformations, et on trouvera facilement leur degré alcalimétrique.

» Il importe au fabricant, non-seulement d'acheter des alcalis dont il connaît le titre, mais encore de les acheter aussi purs que possible. Dans cet état, ils doivent se dissoudre entièrement dans l'eau, mais cela ne suffit pas, car on substitue souvent la soude à la potasse, attendu qu'elle est à meilleur marché, et qu'il en faut moins pour obtenir le même degré. On les distingue par la propriété dont jouit le carbonate de potasse de se liquéfier au contact de l'air humide ; ce qui n'a pas lieu pour le carbonate de soude sec, mais on falsifie quelquefois les potasses par de la soude caustique qui attire également l'humidité de l'air. Pour reconnaître cette dernière, il faudra dissoudre une cinquantaine de grammes

du produit soupçonné dans sept à huit fois leur poids d'eau. Quand la liqueur sera bien neutre, on l'évaporera jusqu'à ce qu'elle soit réduite à la moitié de son volume ; on la placera alors dans un lieu tranquille, et par le refroidissement on obtiendra des cristaux dont l'examen suffira pour indiquer la nature des alcalis; le sulfate de potasse donne des cristaux courts en pyramides à six pans, qui ne s'altèrent point à l'air; tandis que le sulfate de soude cristallise en longs prismes striés qui s'effleurissent rapidement dans un air sec, c'est-à-dire, qu'ils perdent de l'eau et qu'ils deviennent blancs et opaques.

» Le prix des potasses et des soudes est basé sur leur titre pondéral, et plus généralement encore sur leur degré alcalimétrique ; de sorte que l'on n'achète pas les matières neutres qui peuvent y être mêlées : soit le prix de 100 kilog. de sels de soude à 1 fr. du degré, celui qui marquera 50° vaudra 50 fr. et celui qui en marquera 75° vaudra 75 fr. les 100 kilog. ; mais si la soude donnant du degré est entièrement carbonatée, il en faudra moins pour produire 50° que pour en donner 75°, et l'on aura pour rien les sels neutres qui complètent les 100 kilog. ; il y a donc de la perte pour le fabricant à livrer des alcalis à bas titre, et du bénéfice pour l'acheteur qui peut utiliser les sels neutres, qui se trouvent mêlés avec les alcalis. Les chlorures sont utiles aux savonniers. Les sulfures, dissolvant les matières colorantes des tissus, peuvent servir aux blanchisseurs; les sulfates, se décomposant très-bien par la chaleur sous l'influence de la silice, peuvent être employés par les verriers.

» Il suit encore de là, que l'on aura toujours du bénéfice à acheter des alcalis caustiques; car le poids de l'acide carbonique qui manque, est remplacé par un pareil poids de sels neutres. »

Essai des potasses du commerce à l'aide du potassimètre de M. O. Henri.

M. O. Henri, professeur agrégé à l'Ecole de pharmacie de Paris, a proposé un procédé pour l'essai des potasses du commerce, que nous reproduirons dans la note suivante de ce savant.

« Mon procédé, dit-il, repose sur un fait reconnu par Serullas, et vérifié depuis par tous les chimistes ; c'est la propriété que présente l'*acide oxychlorique* (acide perchlorique) de former avec la potasse un sel complètement insoluble dans l'alcool, et de précipiter ainsi, *en totalité*, cette base de ses différentes combinaisons salines. La potasse combinée à

l'acide acétique, même en léger excès, et dissoute dans l'alcool à froid, d'une densité égale à 37°, se sépare entièrement quand on mélange cette liqueur avec une solution également alcoolique d'oxychlorate de soude. De plus, la soude, comme on sait, fait avec l'acide en question un sel déliquescent des plus solubles dans l'alcool à 37°. Enfin, l'alcool à 37° froid n'enlève que des quantités insignifiantes de chlorure de potassium, si commun dans les potasses du commerce, à côté des sulfate et silicate insolubles dans ce menstrue.

Pour se procurer le réactif indispensable ou l'*oxychlorate de soude*, on commence par se procurer une certaine quantité d'oxychlorate de potasse (perchlorate), par le moyen dû à Scrullas. On chauffe avec soin, dans un creuset de platine, le chlorate de potasse cristallisé. Le sel fond d'abord en un liquide transparent, puis se décompose avec une vive ébullition de gaz oxygène; le dégagement gazeux se ralentit ensuite, la matière s'épaissit, devient blanche, opaque, laiteuse, et quand on n'aperçoit plus que quelques bulles, on enlève du feu et on verse dans l'eau distillée le produit avec précaution; on réunit plusieurs opérations semblables, on ajoute en eau à peu près vingt fois le poids du sel, on fait bouillir, on filtre à travers une petite étoffe de laine, et on laisse refroidir en troublant la cristallisation. L'oxychlorate de potasse se dépose en petits grains blancs, brillants, qu'on recueille et qu'on fait sécher à l'étuve après un lavage à froid. Les eaux-mères concentrées légèrement en fournissent encore une petite quantité, mais déjà mêlée avec du chlorate non décomposé, et plus tard avec du chlorure de potassium.

L'oxychlorate de potasse réuni est alors réduit en poudre fine et soumis à un courant de gaz acide fluosilicique. Voici comment on opère: Dans une cornue de grès sèche, on introduit un mélange très-exact de sable fin (purifié à l'acide chlorhydrique et l'eau), 1 partie 2/3 de fluate de chaux sec, 1 partie 1/4 pour une partie de sel potassique. On dispose un tube recourbé d'un diamètre assez large et très-sec, muni d'un bon bouchon qui l'unit à la cornue, on verse sur le mélange ci-dessus, de sable et de fluate, trois parties d'acide sulfurique du commerce; on adapte le tube en l'entrant convenablement et on le fait plonger de quelques millim. dans du mercure placé au fond d'une large éprouvette. L'oxychlorate de potasse, délayé dans six ou sept fois son poids d'eau pure, est versé sur le mercure, puis on chauffe progressivement. Bientôt l'acide fluosilicique se dégage; il traverse le mercure et vient réagir sur le sel potassique pour en éliminer l'acide oxychlorique. La réaction achevée, on jette le magma sur

une toile propre, on lave à l'eau distillée le dépôt gélatiniforme, et dans les liqueurs réunies on ajoute à saturation légèrement alcaline du carbonate de soude cristallisé. Le nouveau liquide filtré est concentré avec soin au bain de sable en consistance de sirop ; c'est alors qu'on l'étend de son poids environ d'alcool à 37°, on chauffe légèrement, puis on filtre.

Cette solution alcoolique est celle d'oxychlorate de soude destinée aux essais *potassimétriques*, il faut seulement la titrer pour établir l'instrument à l'aide duquel on doit opérer, et que l'auteur appelle potassimètre. La solution alcoolique d'oxychlorate de soude est titrée de telle sorte que chacun des degrés de l'instrument divisé en cent parties représente un centième de *carbonate de soude pur*. La disposition de cet instrument est telle que chaque degré se trouve occuper une certaine étendue, ce qui permet d'arriver sans difficulté à une erreur d'un centième et même d'un demi-centième.

Quant à la potasse, transformée d'abord en acétate, elle est dissoute ensuite dans l'alcool à 37° froid, afin de laisser intacts le sulfate de potasse et le chlorure de potassium qui s'y trouvent toujours en proportion plus ou moins considérable.

Description du potassimètre : A B est un tube de verre d'une longueur de 60 centim. (2 pieds) environ, et d'un diamètre de 4 millim. (2 lignes) à peu près. En A, se trouve un entonnoir de verre soudé ou adapté à volonté, et en B, un petit robinet en cuivre, terminé par un tube capillaire ; ce robinet s'ajuste au tube par un bon bouchon et avec de la cire à cacheter. Le tube A B est fixé par deux crochets au long d'une échelle inscrite par une planche, et cette échelle est divisée en cent parties égales. Le tout est supporté par un pied qui permet de placer le tube A B au-dessus du vase M, contenant le sel de potasse à essayer. Dans l'étendue comprise dans le tube A B, à partir du premier au centième degré inclus (x à z), on a une liqueur d'oxychlorate sodique titré, représentant par chaque degré un centième de carbonate potassique pur (1).

(1) Ce titre s'obtient aisément. Ponr cela on fait couler lentement la quantité d'alcool à 37°, contenne dans l'espace dn tube A B, compris entre 0° et 100° ; on en prend ensnite le poids exactement ; on pèse ensuite 10 on 100 fois la même qnantité d'alcool à 37° dans nn flacon à l'émeri, et on y ajoute, soit 10 fois 0 gr. 884, soit 100 fois 0,884 d'oxychlorate de soude sec ; ce mélange est la *liqueur d'épreuve titrée*, renfermant dans l'étendue des 100° du tube, 0 gr. 884 d'oxychlorate de soude sec qui répondent à 1 gramme de carbonate de soude pur.

Moyen d'opérer pour faire l'essai potassimétrique.

On prend, en plusieurs points du baril de potasse à essayer, divers échantillons représentant 250 ou 300 gram., on les mélange ensuite et on les réduit en une poudre fine, aussi *promptement* que possible. On prélève sur cette poudre 50 gram., que l'on traite à froid par eau distillée (100 gram. ou 1 décilitre); on filtre avec soin, et la liqueur PP' est introduite dans une petite éprouvette graduée en cinquante parties égales :

1° On prend d'abord au moyen d'une pipette graduée 10 mesures de ce liquide (ou 5 gram. de la potasse) PP' que l'on soumet à part à l'essai alcalimétrique, en se conformant en tous points à l'instruction de M. Gay Lussac, puis on note le degré alcalimétrique obtenu ;

2° D'autre part on prend une mesure du liquide ci-dessus, ou 1 gram. de la potasse PP'; on sature à l'aide de l'acide acétique en léger excès : on fait évaporer jusqu'à siccité et on traite le résidu à l'aide de l'alcool à 37° froid ; on filtre sans rien perdre. C'est dans ce liquide, représentant en acétate le carbonate de potasse et même celui de soude de la potasse à examiner, qu'on ajoute *goutte à goutte* la solution titrée d'oxychlorate de soude, *tant qu'on aperçoit ce précipité*, et en l'agitant *fort lentement* lorsqu'on approche vers les quarante ou cinquante mesures du tube A B.

Ce nombre indique pour 1 gram. de potasse examinée des *centièmes* de carbonate potassique pur.

Or, connaissant d'une part, au moyen de l'essai alcalimétrique, la quantité d'acide sulfurique que sature cette potasse, on arrive aisément à savoir la proportion de carbonates de potasse et de soude mélangés.

En effet 100 mesures de l'alcalimètre représentent :

	gram.
Acide sulfurique à 66°.	5.423 ou
Acide sulfurique anhydre..	4.429
Qui équivalent à carbonate de potasse pur anhydre..	7.60
à carbonate de soude pur anhydre.	5.74

On a déterminé de l'autre part, au moyen du potassimètre, la proportion réelle de carbonate de potasse de la potasse essayée sur cent parties.

Voyant ce que cette proportion doit prendre d'acide sulfurique réel, la différence de la quantité totale de cet acide

employé dans l'épreuve alcalimétrique, pour 100 de potasse, donnera de suite la quantité du carbonate de soude ajouté, et le double problème sera résolu, savoir : la détermination de la véritable valeur potassique et celle de la proportion du carbonate de soude ajouté.

Exemple : Soit 100 gram. de potasse de commerce, prise comme il a été dit, et donnant : 1° par l'essai alcalimétrique, un nombre de degrés qui représente : acide sulfurique réel anhydre 38 gr. 9; 2° par l'essai au potassimètre un nombre de degrés représentant : carbonate de potasse pur, 50 gr. On aura 2,89 d'acide sulfurique pour les 50 carbonate potasse pur. La différence 10 d'acide représentera : carbonate de soude pur, 13,3.

Le tableau suivant peut donner encore de nouvelles indications :

POTASSE du commerce.	DEGRÉ alcalimétriq.	DEGRÉ du potassimètre.		CARBONATE DE POTASSE et carbonate de soude en centièmes.	
100	137.49	100	=	Carbonate de potasse pur.	$^{100}/_{100}{}^{es}$
109	68.59	50	=	id. id. . .	$^{50}/_{100}{}^{es}$
100	85.50	50	=	Carbonate de potasse pur. Carbonate de soude pur..	$^{50}/_{000}{}^{es}$ $^{15}/_{100}{}^{es}$
100	85.50	25	=	Carbonate de potasse pur. Carbonate de soude pur..	$^{25}/_{100}{}^{es}$ $^{26}/_{100}{}^{es}$
100	70.06	30	=	Carbonate de potasse pur. Carbonate de soude pur..	$^{30}/_{107}{}^{es}$ $^{17}/_{100}{}^{es}$

Procédé de M. Dulk, pour l'essai des soudes du commerce.

1° On prend, dans les soudes qu'on se propose d'essayer, des morceaux bien nets et qui ne soient point encore recouverts d'une poussière d'efflorescence, on les triture et les mélange parfaitement entre eux, puis on en pèse dix échantillons de 10 gram. chacun, qu'on dépose dans des flacons bouchés afin de pouvoir répéter au besoin chacune des cinq opérations dont se compose l'essai. Les échantillons 1 et 2 sont dissous dans l'eau distillée et neutralisés avec l'acide sulfurique étendu. Il faut avoir grand soin d'atteindre avec

la plus rigoureuse précision le point de la neutralisation, ce qu'on constate au mieux à l'aide d'un peu de teinture de tournesol qui sert à colorer également chacune des deux liqueurs. Il faut bien remarquer toutefois que la couleur rouge du liquide apparaît avant le point de neutralisation à cause de l'acide carbonique qui reste en dissolution dans celui-ci ; mais si on chauffe pour chasser cet acide, il redevient bleu et on doit de nouveau y ajouter de l'acide sulfurique très-étendu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus effervescence, et que la liqueur, quand on la chauffe, conserve une couleur violette. Cette opération peut se faire avec commodité dans une capsule évaporatoire. Au moyen de cette neutralisation par l'acide sulfurique, non-seulement le carbonate de soude, mais encore le sulfure de sodium et l'hyposulfite de soude qui souillent le produit, sont transformés en sulfate de soude, tandis que le chlorure de sodium ne se décompose que sous l'influence d'un excès d'acide sulfurique. L'acide hyposulfureux devenu libre se décompose en acide sulfureux qui se dégage sous forme gazeuse, et en soufre qui trouble d'abord la liqueur, mais qui ne tarde pas à se déposer sous forme de flocons qu'on peut séparer par le filtre. La liqueur est alors précipitée par le chlorure de baryum et filtrée au bout de quelque temps, puis on calcine le sulfate de baryte obtenu et on pèse. Le poids de ce sulfate correspond au poids total du carbonate, du sulfate et de l'hyposulfite de soude, ainsi que du sulfure de sodium, renfermés dans la soude soumise à l'épreuve.

2° Deux autres échantillons de 10 gram. sont mélangés à 20 gram. de nitrate de potasse pur et fondus dans un creuset, en ayant soin de chauffer préalablement la masse saline pour empêcher qu'elle ne se boursouffle, ne s'épanche au dehors, et qu'il n'y ait perte. La fusion peut très-bien s'opérer dans un creuset de porcelaine sur une lampe à double courant d'air. Au moyen de cette opération on convertit par voie d'oxydation tant l'hyposulfite de soude que le sulfure de sodium en sulfate de potasse, et lorsqu'on dissout la masse fondue dans de l'eau distillée et un excès d'acide chlorhydrique, puis qu'on précipite par le chlorure de baryum, on obtient le sulfate de baryte correspondant tant au sulfate de soude renfermé dans cet alcali qu'à celui qui se forme aux dépens de l'hyposulfite de soude et du sulfure de sodium ; lorsqu'ensuite on soustrait le poids du sulfate de baryte ainsi obtenu de celui qu'on avait recueilli au n° 1, on a pour reste la quantité qui correspond au carbonate de soude.

3° On verse dans un verre deux autres échantillons de 10

gram. et de l'alcool à 75° C., on agite à plusieurs reprises et pendant quelque temps, puis on abandonne au repos. On décante alors l'alcool qui retient en dissolution le sulfure de sodium et qui, lorsque la quantité de ce sel est assez notable, paraît coloré en jaunâtre. On évapore à siccité, on mélange le résidu avec du salpêtre, et on introduit le mélange dans un creuset. On chauffe, on met en fusion, et il en résulte une quantité de sulfate de potasse correspondant à celle du sulfure de sodium, et qu'on dose comme précédemment à l'aide du chlorure de baryum.

4° La portion de soude qu'on a débarrassée par l'alcool du sulfure de sodium qu'elle renfermait, est dissoute dans l'eau et dans un excès d'acide chlorhydrique; on chauffe alors la liqueur qui est ordinairement troublée par de l'hyposulfite de soude décomposé, jusqu'à ce qu'on ait séparé le soufre. La liqueur filtrée, précipitée par du chlorure de baryum, donne une quantité de sulfate de baryte qui correspond au sulfate de soude contenu dans l'alcali. Puis, comme dans l'épreuve 3, on déduit le sulfate de baryte obtenu du poids trouvé dans l'épreuve 2, et on a pour reste le poids correspondant à celui de l'hyposulfite de soude.

5° On dissout deux nouveaux échantillons de soude dans de l'eau distillée, on sature avec de l'acide nitrique, puis on chauffe jusqu'à ce que la liqueur, d'abord trouble, s'éclaircisse; on filtre et on précipite par le nitrate d'argent. Le chlorure de ce métal, rassemblé sur le filtre, est lavé à grande eau pour le débarrasser d'une petite quantité de sulfate d'argent qui s'est aussi précipitée, et jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus troublées par l'acide chlorhydrique.

Si la soude renfermait un peu de chaux ou de fer, on emploierait les méthodes et les calculs ordinaires pour reconnaître et doser ces corps.

Procédé alcalimétrique pour déterminer la valeur des potasses et des soudes, par MM. R. Fresenius *et* H. Will.

Lorsqu'on veut découvrir la composition d'un corps composé dont les parties constituantes sont dans un rapport connu, déterminé et invariable, il n'est pas nécessaire de constater la quantité de ces diverses parties, attendu que la détermination de l'une ou de l'autre d'entre elles suffit pour établir le rapport quantitatif de la combinaison qui constitue ce corps. Le but de l'essai de la potasse ou de la soude est la détermination du carbonate alcalin qu'elles renferment. D'après le principe qui vient d'être posé (toujours en supposant

que l'acide carbonique et les alcalis sont en proportions définies), ce résultat peut être obtenu tout aussi bien par le dosage de l'acide carbonique que par celui des alcalis. Les méthodes alcalimétriques actuelles ont toutes reposé sur l'appréciation de la quantité d'alcali, et principalement sur la mesure de l'acide nécessaire à la saturation de celui-ci ; au contraire, suivant notre méthode, on atteint le but en évaluant la proportion de l'acide carbonique qui se trouve combiné avec les alcalis.

Pour fonder une méthode d'essai sur ce principe, la première et la plus importante condition à remplir était d'adopter un mode palpable de mesurer l'acide carbonique, propre à satisfaire, dans tous les cas, aux besoins de la pratique.

Pour le dosage de l'acide carbonique, on se sert, comme on sait, de diverses méthodes. Tantôt on porte à une certaine température le composé qu'il s'agit d'analyser ; on y ajoute des substances qui séparent l'acide carbonique des bases, et on détermine sa quantité par la perte de poids. Bien plus fréquemment encore, on établit cette quantité par voie humide, soit en conduisant cet acide gazeux dans une liqueur (lessive de potasse) qui l'absorbe, et qui donne sa quantité par l'augmentation de son poids, soit en le chassant par l'addition d'un excès d'acide avec la précaution de veiller à ce qu'il ne se perde pas en même temps d'autre matière, comme de l'eau, par exemple, et en évaluant sa quantité par la perte de poids. Parmi toutes ces méthodes, il est facile de voir au premier coup-d'œil qu'il n'y a que la dernière qui soit applicable dans la pratique, et d'ailleurs, on possède déjà, pour faire cette application, des appareils nombreux dus à MM. Berzélius, H. Rose, Fritzsche, Erdmann et Marchand, etc. De notre côté nous nous sommes servi d'abord d'un appareil d'une construction extrêmement simple, et qui nous paraît propre à bien faire comprendre ce qui vient d'être dit.

On introduit dans une fiole A, fig. 67, le tube *a*, qui renferme le composé carbonaté qu'on veut analyser, et le tube *b*, qui contient l'acide chlorhydrique (mieux sulfurique étendu) qui doit servir à la décomposition; ce second tube doit avoir un diamètre assez fort pour qu'il ne puisse pas tomber et déverser quand l'appareil reste droit. Cela fait, on ferme la fiole avec un bouchon dans lequel on a introduit préalablement un tube B renfermant du chlorure de calcium, ainsi qu'un autre tube fin recourbé *c* qui d'un bout plonge jusqu'au fond de la fiole A, et à son autre extrémité est fermé par un bouchon de cire *d*. L'appareil étant ainsi monté, on

le pèse, puis on le penche pour que l'acide du tube *b* se déverse sur l'alcali renfermé dans le tube *a*. Dès qu'il y a contact, l'acide carbonique se dégage et passe à travers le tube rempli de chlorure de calcium, où il se dépouille de son humidité. Quand le dégagement a cessé, et qu'une légère chaleur qu'on applique ne produit plus rien, on chasse l'acide carbonique qui existe encore dans l'appareil en enlevant le bouchon de cire qui ferme le tube *c*, y unissant un autre tube chargé de chlorure de calcium à l'aide d'un cylindre de caoutchouc, et opérant une succion en B, jusqu'à ce que l'air que cette succion amène n'ait plus la moindre saveur ni odeur d'acide carbonique. L'appareil est alors pesé de nouveau, et sa perte de poids donne la quantité d'acide carbonique qui était contenu dans le composé soumis à l'essai.

Cet appareil fournit des résultats très-exacts et laisse peu de chose à désirer au chimiste; toutefois il ne pouvait remplir notre but, attendu qu'il n'était propre à décomposer que de petites quantités de matière, lesquelles exigent une balance très-sensible si on veut avoir des résultats tant soit peu exacts; nous avons donc construit un autre appareil au moyen duquel on opère la dessiccation de l'acide carbonique, non plus comme dans le précédent par le chlorure de calcium, mais de la manière la plus simple par l'acide sulfurique lui-même, qui sert à chasser l'acide carbonique de sa combinaison; en outre, cet appareil opère la décomposition d'une quantité assez considérable de matière, et on ne craint pas en l'employant de n'avoir pas suffisamment d'acide pour opérer cette décomposition. L'eau se trouve aussi arrêtée d'une manière bien plus complète qu'il n'est possible de le faire avec le chlorure de calcium lorsque le dégagement du gaz se fait avec une certaine rapidité. Il est inutile encore d'appliquer la chaleur, attendu que l'acide sulfurique pourvoit lui-même à cette condition. Enfin, l'exactitude et la constance des résultats obtenus, même quand on se servait des balances les plus ordinaires des pharmaciens, a surpassé notre attente, et la simplicité de l'appareil permet à chacun de le monter aisément, ainsi qu'on va le voir, par la description que nous allons en donner.

A et B, fig. 68, sont deux flacons qu'on peut remplacer si on veut par des fioles à médecine lorsqu'elles présentent des ouvertures suffisamment grandes. A peut contenir 60 à 80 gram. d'eau; B est un peu plus petit et n'en peut renfermer que 45 à 50 gram. Ces flacons sont fermés par des bouchons de liége dont chacun est percé de deux trous; ces trous sont destinés à livrer passage aux tubes *a*, *c* et *d*, ainsi que le

représente la figure. Les extrémités de tous ces tubes sont ouvertes. Quand on se sert de l'appareil, le tube *a* est fermé à son extrémité *a* par un bouchon de cire. On dépose dans le flacon A la substance pesée qu'on veut essayer, et on y verse aussitôt de l'eau jusqu'au tiers environ, et enfin on remplit à moitié le flacon B avec de l'acide sulfurique anglais ordinaire. Cela fait, on adapte le bouchon, on pèse l'appareil, puis on aspire un peu par le tube *d* pour raréfier l'air dans tout l'appareil. Il s'ensuit que l'acide sulfurique renfermé dans le flacon B monte par le tube *c*, et qu'une portion se déverse par ce tube dans le flacon A ; aussitôt que cet acide tombe dans la solution de carbonate, on voit se manifester un vif dégagement d'acide carbonique. Par suite de la disposition de l'appareil, cet acide doit venir passer à travers l'acide sulfurique B avant de pouvoir s'échapper par le tube *d*, qui est la seule voie que lui présente l'appareil; et, au moyen de ce passage, l'humidité qu'il renferme lui est soustraite d'une manière infiniment plus parfaite que par toute autre méthode usitée jusqu'alors.

Lors du déversement de l'acide sulfurique, la liqueur en A s'échauffe et se dilate, ainsi que l'air qui se trouve au-dessus d'elle ; lors du refroidissement, la liqueur et l'air reprennent leur volume primitif, d'où il résulte qu'une nouvelle portion d'acide sulfurique coule vers A dès l'instant que cesse ou se ralentit le dégagement du gaz. D'ailleurs, la cause de ce déversement de l'acide qui se répète de lui-même est, dès le commencement de l'opération, favorisée par une autre, savoir, que l'acide carbonique en A est absorbé par le carbonate alcalin qui n'est point encore décomposé pour former un sesqui ou un bicarbonate acalin; toutefois, si on voulait abandonner à ces seules causes ce déversement répété de l'acide sulfurique, l'essai pourrait bien se prolonger longtemps, et il est bien plus simple, toutes les fois que le dégagement du gaz ne se manifeste plus, d'opérer une succion, comme au commencement, par le tube *d*, pour raréfier les gaz renfermés dans l'appareil. L'opération de cette manière est terminée en quelques minutes.

Quand le carbonate est complètement décomposé, ce dont on s'aperçoit à ce qu'en faisant déverser de nouvel acide il n'y a plus de dégagement, on procède à une nouvelle succion, pour faire passer de l'acide de B en assez grande quantité dans A ; au moyen de quoi la liqueur s'échauffe tellement, qu'elle laisse dégager tout l'acide carbonique qu'elle avait absorbé. Dès que ce nouveau dégagement a cessé entièrement, on ouvre l'extrémité du tube *a*, en enlevant le bou-

chon *b* de cire, et on aspire en *d* jusqu'à ce que l'acide carbonique dont l'appareil est encore rempli soit remplacé par l'air atmosphérique, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on aspire de l'air pur. Alors on laisse l'appareil refroidir, on le sèche et on le pèse. La perte de poids donne la quantité d'acide carbonique qui était renfermé dans. l'échantillon, avec la plus grande précision.

Afin de pouvoir déterminer avec quelque exactitude la valeur vénale des soudes et des potasses du commerce, il est nécessaire de connaître la quantité d'eau qu'elles renferment et celle de carbonate alcalin qu'elles représentent. La marche des essais qui procure ce double résultat n'est pas la même dans tous les cas ; elle dépend de l'absence ou de la présence de certains composés chimiques qu'on peut considérer comme des impuretés dans la potasse et dans la soude. Les composés unis aux substances qui exigent qu'on apporte une modification aux procédés, sont les alcalis caustiques, les sulfates et hyposulfites alcalins, les sulfures métalliques et les carbonates terreux. On reconnaît leur présence, et on fait aisément disparaître leur influence nuisible du résultat des essais par les moyens suivants :

1. *Carbonates des terres alcalines.* On fait dissoudre une certaine quantité de la potasse ou de la soude pulvérisées qu'on veut essayer, dans de l'eau de pluie chaude. Si ces corps forment une dissolution limpide, ou bien même s'ils ne présentent que de légers flocons, on peut être certain qu'il y a absence de carbonates terreux ou alcalins. Si au contraire il reste une poudre blanche qui fait, après un lavage, effervescence avec les acides, on a ainsi la preuve qu'il y a présence ou de carbonate de chaux ou de carbonate de magnésie. Dans ce cas, il faut faire dissoudre l'alcali, dont on a pris le poids dans de l'eau de pluie portée à une certaine température, filtrer la dissolution, laver le résidu et porter dans le flacon et la liqueur filtrée qu'on pourra, suivant le besoin, rapprocher un peu par évaporation.

2. *Sulfites et hyposulfites.* On n'en rencontre que dans la soude et jamais dans la potasse. On peut se convaincre de la manière la plus prompte et la plus certaine de leur présence en colorant 30 gram. environ d'acide sulfurique étendu en jaune rougeâtre, au moyen d'un peu de chromate de potasse et ajoutant aussitôt à la soude soumise à l'essai, mais de manière que la liqueur reste acide. Si la couleur jaune rougeâtre passe au vert, il y a présence des sels indiqués. Il est vrai que le sulfure de sodium donne lieu au même changement de couleur, mais toutes les fois que le

phénomène se présente, on peut regarder comme une chose plus certaine qu'il provient de l'hyposulfite de soude.

Rien de plus facile à découvrir que les *sulfures des métaux alcalins*, pour cela on se contente d'humecter la potasse ou la soude avec une solution de carbonate (sesquicarbonate) ordinaire d'ammoniac. Quand ils sont présents, il se dégage aussitôt du sulfure d'ammonium qu'il est facile de reconnaître à son odeur et à la propriété qu'il possède de noircir un papier humecté avec une dissolution d'acétate de plomb.

Lorsqu'il y a présence de l'un ou l'autre de ces composés, on ajoute pour la détermination de l'acide carbonique du chromate de potasse neutre sur la pointe d'un couteau.

3. *Potasse et soude caustiques*. On délaie une partie de la potasse ou de la soude à essayer avec trois parties de chlorure de baryum dans de l'eau chaude, on agite et on essaie la liqueur après l'avoir filtrée au moyen du papier de curcuma ou de dahlia. Si le premier brunit et le second verdit, il y a présence de l'alcali caustique. On comprend, du reste, que le chlorure de baryum doit être parfaitement neutre, et qu'il doit être ajouté en excès, ce dont on s'assure quand il y a doute, en ajoutant une faible et nouvelle portion de chlorure de baryum qui ne doit donner aucun précipité. Ce mode expérimental mérite sans nul doute, à cause de sa simplicité et de la sûreté qu'il présente, la préférence sur tous ceux proposés pour le même objet jusqu'à présent. Si on soupçonnait la présence du sulfure de potassium ou du sulfure de sodium, qui offrent aussi une réaction alcaline, il ne serait pas nécessaire de faire l'essai pour les alcalis caustiques; on serait certain dans tous les cas qu'ils sont présents.

Dans le cas où il y a des alcalis caustiques, on broie les échantillons qu'on destine à la recherche de l'acide carbonique et qu'on pèse avec soin avec 3 à 4 parties de sable quartzeux pur, on ajoute depuis 1/4 jusqu'à 1/3 du poids de l'échantillon pulvérisé de carbonate d'ammoniac, on dépose la poudre dans une capsule, on nettoie le pilon, en cas qu'un peu de cette poudre y soit restée adhérente, avec une petite quantité de sablon, et on verse goutte à goutte sur la masse toute la quantité d'eau qu'elle peut absorber, on laisse reposer un moment et on chauffe ensuite jusqu'à ce qu'on ait chassé toute l'eau et l'ammoniac carbonaté. Quand une potasse ou une soude renferme encore indépendamment de l'alcali caustique un sulfure métallique, au lieu d'eau on se sert, pour humecter la masse, d'esprit de sel ammoniaque, afin de transformer le sesquicarbonate d'ammoniac en sel

neutre ; dans le cas contraire, il se dégage du sulfure d'ammoniac, et une portion du sulfure métallique alcalin est transformée en carbonate alcalin. Après le refroidissement, on transporte la masse qu'on enlève aisément de la capsule avec une lame de couteau dans le flacon A, on lave la capsule avec un peu d'eau et on procède ainsi qu'il est dit plus bas. Le sable sert à donner de l'adhérence à la masse, et à s'opposer à la décrépitation lors de la dessiccation.

Pour déterminer l'humidité que possèdent la potasse et la soude, on prend une capsule de fer-blanc de 5 centim. (2 pouces) de diamètre environ, fig. 69, et pourvue d'un couvercle peu serré, ou un creuset de porcelaine avec son couvercle qu'on transporte dans le plateau d'une balance ordinaire, mais juste, on charge cette capsule d'un poids de 10 gram., et on amène la balance à l'état d'équilibre en mettant dans l'autre plateau des grains de plomb, puis finalement des bandes de feuilles d'étain. Alors on prend en différents points des potasses ou des soudes qu'on veut essayer de légers échantillons qu'on triture, on enlève le poids de 10 gram. qu'on a mis dans la capsule, et on y verse de la matière pulvérisée, jusqu'à ce qu'on ait établi complétement l'équilibre.

Dans cet état, on chauffe cette capsule sur une bonne lampe à esprit-de-vin, jusqu'à ce qu'on ait chassé toute l'eau, et après le refroidissement, on porte de nouveau sur la balance, sur laquelle on a laissé la tare. Le nombre de décigrammes qu'il faut ajouter à la capsule pour rétablir l'équilibre, donne en centièmes la quantité d'eau renfermée dans les alcalis.

La potasse ayant ainsi été débarrassée de son humidité, on en pèse 6gr.29, et de la soude 4gr.84, qu'on introduit au moyen d'une carte dans le flacon A de l'appareil, fig. 68, qu'on remplit aussitôt au tiers d'eau (1). On pèse alors l'appareil bien desséché et monté, ainsi qu'il a été indiqué précédemment, et par une douce aspiration en *d*, on fait monter et déverser l'acide sulfurique qu'on a mis dans le flacon B, dans le flacon A (2). Après que la décomposition est

(1) Avec les soudes, on ajoute encore à l'eau, dans les cas indiqués, un peu de chromate neutre de potasse, ou bien on prend une dissolution de chromate de potasse saturée à peu près avec de l'ammoniac.

(2) Les premières gouttes d'acide sulfurique concentré, qui viennent en contact avec le carbonate alcalin, produisent un dégagement énergique et saccadé de gaz ; mais il ne faut pas pour cela suspendre l'essai, attendu que cette effervescence est sans effet sur les résultats.

complète, on enlève le bouchon de cire qui est en *b*, on aspire le gaz qui remplit l'appareil (opération qu'on peut exécuter au moyen d'un tube rempli d'hydrate de chaux humide, quand on est incommodé par la saveur de l'acide carbonique), jusqu'à ce qu'on en ait expulsé tout l'acide carbonique; et, après qu'il est entièrement froid, ce qu'on peut voir en plongeant le flacon dans l'eau froide, on porte sur la balance pour déterminer par la perte de poids, la quantité d'acide carbonique qui s'est dégagée.

Le nombre de centigrammes qu'il faut ajouter à l'appareil pour rétablir de nouveau l'équilibre, divisé par 2, donne immédiatement la quantité en centièmes, de carbonate de soude ou de potasse. Ainsi, supposons que 6gr.29 d'une potasse ont produit 1gr.60 de perte du poids de l'appareil, ou, ce qui est la même chose, en acide carbonique, il en résulte que cette potasse renferme $\frac{60}{2} - 80$ pour 0/0 de carbonate de potasse.

Le dosage des quantités de potasse ou de soude caustique qui peuvent être contenues dans les potasses ou les soudes, avec les carbonates alcalins, a moins d'importance pour le commerce que pour la fabrication et surtout sous le point de vue de la science. Pour ce dosage, notre méthode alcalimétrique ordinaire présente un moyen très-simple.

On pèse, suivant qu'on traite de la potasse ou de la soude, 6gr.29 ou 4 gr. 84 du résidu dont on a chassé l'humidité à deux reprises successives. L'un des échantillons sert à déterminer la proportion d'acide carbonique, comme il vient d'être dit, l'autre est traité comme on l'a vu ci-dessus par le carbonate d'ammoniac. Au moyen de la différence dans le poids, on détermine la quantité en centièmes, de l'alcali caustique, après qu'on a multiplié cette différence par 34,101 pour la potasse et par 29,38 pour la soude.

Procédé de M. Mohr, *pour l'essai des potasses du commerce.*

Les potasses brutes du commerce présentent une richesse en alcali qui est extrêmement variable. La plupart d'entre elles renferment des matières solubles et des matières insolubles. Les matières solubles sont : le carbonate de potasse, le sulfate de potasse, le silicate de potasse et le chlorure de potassium; celles insolubles: le carbonate de chaux, les cendres, les débris des fours, etc. Quelques potasses sont complètement exemptes de matières insolubles, par exemple la potasse d'Illyrie, qui est déjà une potasse à demi-purifiée et préférable pour les usages pharmaceutiques et les opéra-

tions délicates. La potasse d'Amérique contient beaucoup d'alcali caustique ainsi qu'un peu de sulfure de potassium. Les potasses allemandes abondent en sulfate de potasse, tandis que celle d'Illyrie renferme jusqu'à 85 pour 100 de carbonate de potasse. Cette dernière potasse est d'un blanc éclatant, et celle d'Amérique, verdâtre, couleur qu'elle doit au manganate de potasse. Comme le carbonate de potasse pur est un sel très-déliquescent, il communique cette propriété à la potasse. La bonne potasse entre aisément en déliquescence à l'air. D'abord elle devient humide et pâteuse, puis elle se transforme bientôt en une masse liquide. La mauvaise potasse est simplement humide. Quoique la déliquescence soit un indice d'une bonne potasse, il faut bien se garder néanmoins d'acheter des potasses humides si on ne veut pas payer pour avoir de l'eau et non de l'alcali.

On a mis en usage plusieurs méthodes pour déterminer la richesse des potasses en carbonate alcalin. La plus directe et celle qui paraît donner le moins de prise à la critique, consiste dans la détermination de la perte en acide carbonique qu'éprouve la potasse lorsqu'on la décompose par un acide puissant. Mais, dans ce mode d'essai, il faut, pour réussir, que la potasse ne renferme pas d'autre carbonate que celui de cette base et que ce sel y soit contenu à l'état de carbonate simple et non pas à celui d'alcali caustique; de bicarbonate ou de sesquicarbonate.

Indépendamment de la pureté absolue de la potasse, il faut encore avoir égard à son degré d'hydratation. Cette eau d'hydratation diminue la richesse réelle en carbonate, mais sans qu'on puisse la considérer comme une sophistication proprement dite. On s'assure du reste de la quantité d'eau contenue en portant à la chaleur rouge. On pèse avec exactitude un peu de potasse dans un creuset de platine et on détermine la perte de poids après la calcination. En même temps qu'on fait cette épreuve, on peut remplir une autre condition, celle de transformer en carbonate de potasse tout l'alcali caustique et le sulfure de potassium que renferme la potasse.

Pour atteindre ce but on humecte la potasse pesée, et dans le creuset de platine même, avec une solution concencentrée de carbonate d'ammoniac, on évapore avec précaution jusqu'à siccité et on calcine ensuite le sel à une faible chaleur rouge. Le poids du résidu donne la quantité des matières non volatiles dans lesquelles est actuellement contenue la potasse sous forme normale de carbonate simple de cette base. Quand la potasse est entièrement soluble dans

l'eau, on peut, sans autre opération, procéder au dosage pondéral de son acide carbonique, mais si elle n'est pas complètement soluble, il faut la dissoudre dans l'eau, la filtrer à travers un petit filtre qu'on lave soigneusement avec de l'eau distillée.

On peut maintenant procéder avec plus ou moins d'exactitude au dosage, par élimination de l'acide carbonique. Si on ne possède pas d'appareils appropriés à cet objet, on se servira d'un verre à boire à bords assez élevés qu'on recouvrira d'un carreau de verre. Dans ce verre on versera la potasse calcinée sur laquelle on versera de son poids ou du double de son poids d'eau distillée, puis on placera le verre dans le plateau d'une bonne balance. En même temps on prendra une fiole pourvue d'un bec et d'un bouchon de verre, renfermant une quantité d'acide sulfurique ou d'acide azotique concentrés, plus que suffisante pour décomposer complètement la potasse, et on amènera, au moyen de tares, la balance à l'état d'équilibre. Alors on versera l'acide que renferme la fiole, goutte à goutte dans le verre à boire qui renferme la potasse en déplaçant légèrement le carreau de verre qui le recouvre. Il faut veiller à ce que la masse ne s'échauffe pas afin qu'il n'y ait pas dégagement de vapeur d'eau. Lorsque par une agitation prolongée et une nouvelle addition d'acide il n'y aura plus d'effervescence, la décomposition sera terminée. Après avoir levé quelque temps le carreau et agité le verre à l'air pour chasser l'acide carbonique gazeux qu'il renferme, on remettra sur la balance et on déterminera avec précision la perte de poids qui consiste en acide carbonique. Le carbonate pur de potasse se compose exactement sur 100 parties du poids de 31,8 acide carbonique et 68,2 potasse. Le carbonate de potasse chimiquement pur ne peut donc perdre par cette opération au-delà de 31,8 pour 100 de son poids en acide carbonique. Un sel impur en perdra d'autant moins qu'il renfermera moins de carbonate de potasse. Connaissant maintenant la perte en acide carbonique éprouvé par un poids déterminé de potasse, il sera facile de calculer la richesse en carbonate pur de cette base.

Si 31,8 d'acide carbonique répondent à 100 de carbonate de potasse, la proportion trouvée en cet acide correspondra à un certain nombre proportionnel simple de ce carbonate. On n'a donc qu'à multiplier la perte en acide carbonique par 100 et à diviser le produit par 31,8 ; le quotient sera la proportion en centièmes du carbonate de potasse pur.

Pour s'épargner ce dernier calcul, on peut même prendre une quantité de potasse telle que lorsqu'elle sera trans-

formée en carbonate pur, il s'en dégagera exactement par les acides 100 parties d'acide carbonique. La question est alors tout simplement de savoir quelle est la quantité de carbonate de potasse pur qui renferme 100 d'acide carbonique.

Puisque 100 de carbonate de potasse renferment 31,8 d'acide carbonique, il en résulte que 314 de carbonate renfermeront 100 de ce dernier acide. Si donc on prend pour cet essai 314 unités de poids en carbonate alcalin, alors chacune de ces unités de poids d'acide carbonique qui se dégagera correspondra à 1 pour 100 en carbonate de potasse pur. Le centigramme est une unité de poids très-commode pour cet objet, et dans ce cas on pèsera 314 centig. ou 3gr.14. Si la balance n'est pas très-sensible, on doublera le poids de la potasse et on prendra 6gr.28. Dans ce cas on obtiendra aussi le double en centièmes, et le résultat devra être divisé par 2.

Les perfectionnements qu'on peut apporter à cette méthode consistent surtout à éliminer deux causes d'erreur, qui heureusement se compensent en partie entre elles. Le gaz acide carbonique se dégageant avec un certain degré d'humidité, la perte de poids est un peu plus forte qu'elle ne devrait l'être. D'un autre côté, il reste dans la liqueur un peu d'acide carbonique en dissolution et la perte de poids devient ainsi moindre. C'est précisément parce que ces deux causes d'erreurs se composent en partie que cette méthode simple suffit très-bien à ces sortes de déterminations.

On évite la première cause d'erreur en opérant la décomposition de la potasse dans un petit matras, à travers le bouchon duquel passe un tube rempli de chlorure de calcium déshydraté. Le gaz humide, en traversant le chlorure de calcium, se dépouille de son eau. Quant à la seconde cause, on la prévient en chauffant extérieurement pour chasser de la liqueur l'acide carbonique qu'on évacue par succion avec la bouche à travers le tube au chlorure de calcium. Pour un essai alcalimétrique ordinaire, la méthode simple est suffisamment exacte.

Une méthode différente et plus ancienne pour doser la richesse en carbonate de potasse du commerce consiste à préparer un acide d'un titre déterminé, et à s'en servir pour saturer un poids déterminé de potasse. Cette méthode comporte plusieurs causes importantes d'erreurs. D'abord elle est subjective. La saturation ne se reconnaît qu'au changement de couleur qu'éprouve la teinture de tournesol. Or la teinture de tournesol ne passe pas instantanément du bleu au

rouge, mais parcourt un grand nombre de nuances intermédiaires; de façon que la détermination du point exact descend d'une circonstance vague et très-incertaine. En second lieu, l'application de cette méthode exige beaucoup de pratique, parce que le moindre excès d'acide fait manquer l'opération. Enfin, il faut avoir de la teinture de tournesol en provision et à l'avance, teinture qui se détériore facilement, et une liqueur acide titrée toujours prête. La préparation exacte de cet acide normal exige à elle seule plus de peines et de soins qu'une série tout entière d'épreuves par la méthode objective décrite ci-dessus.

Natromètre de M. Pesier.

Quoique aux yeux de la chimie la potasse et la soude jouent le même rôle dans la fabrication du verre, il est pourtant bien reconnu que dans l'application, l'emploi de l'un de ces corps ne peut être substitué, d'une manière indifférente, à celui de l'autre. Il en résulte en effet des différences dont il faut tenir compte. C'est ainsi que les verriers ont reconnu que la potasse rend les matières d'une fusion plus facile, que la soude donne plus d'éclat, mais en même temps une teinte vert bleuâtre au verre. La potasse n'exerce aucune action colorante, mais l'éclat et le brillant du verre est un peu moindre.

Si donc il s'agissait de fabriquer des matières d'une qualité particulière, il y aurait peut-être lieu quelquefois pour le verrier, de déterminer la quantité de soude qui est souvent contenue dans les potasses du commerce. A cet égard M. Pesier, de Valenciennes, a indiqué un procédé très-exact que nous allons faire connaître, en reproduisant ici la note qu'il a publiée sur ce sujet.

On prend dans les barils de la potasse, soit en fragments, soit en poudre; on mêle ces échantillons de manière à avoir une moyenne du produit; on pèse 50 gram. de cette matière qu'on jette dans un flacon à col droit et de la capacité de 600 gram. environ; on la couvre approximativement de 200 gram. d'eau et on agite pour faciliter la solution.

En y ajoutant de l'acide sulfurique, il y produira une effervescence et un dépôt de sulfate de potasse.

Quand le dégagement de gaz cessera, on ne versera plus que goutte à goutte de l'acide étendu d'eau pour arriver à la neutralisation exacte de l'alcali; on saura qu'elle est atteinte lorsque la liqueur ne changera plus la couleur du papier de tournesol rouge ni celle du papier blanc.

Comme la réaction produit de la chaleur et qu'il est nécessaire de ramener à la température de l'atmosphère pour

opérer plus vite, on plonge le vase dans de l'eau de puits et on l'agite de temps en temps; on le retirera lorsqu'un thermomètre qu'on aura introduit dans la solution y indiquera à peu près le même degré qu'il marquait dans l'air. Si la température était descendue trop bas, la chaleur de la main suffirait pour la faire remonter au degré voulu. Après quelques minutes d'agitation à la température ambiante, on décante ou jette le liquide par parties sur un petit filtre de papier joseph qu'on place au-dessus d'une éprouvette à pied.

Pour atteindre le niveau de 300 centimètres cubes, et en même temps pour entraîner le sulfate de soude encore mêlé au dépôt, on lave celui-ci en plusieurs fois avec une solution saturée de sulfate de potasse.

Dès que le volume de 300 centimètres cubes est complété, on enlève le filtre, on ferme l'orifice de l'éprouvette avec la main, et on la secoue fortement pour mêler les différentes couches de liquide. Cela fait, on saisit le natromètre, fig. 70, par son extrémité supérieure et on le laisse s'enfoncer doucement dans la solution. Si la potasse essayée est pure, on lira sur l'échelle de gauche, en dessous de l'élévation produite par la capillarité autour du tube, le degré de température auquel on fait l'expérience.

Si au contraire elle contient de la soude, on trouvera quelques degrés en sus dont le nombre, mis en regard de l'échelle sodique qui est contiguë, se transforme de l'autre côté en centièmes de soude.

Lorsque la soude trouvée sera abondante, on devra former une seconde fois le volume de 300 centimètres cubes, en lavant le dépôt et le filtre avec de la solution saturée de sulfate de potasse, et on ajoutera la quantité qu'indiquera le natromètre à celle qu'il aura donnée primitivement.

Pour déterminer la proportion de soude contenue dans une lessive, on peut se servir de la liqueur provenant de l'essai alcalimétrique; il suffit, lorsqu'elle a été sursaturée, d'y laisser tomber quelques gouttes de potasse; puis on y ajoute un excès de sulfate de potasse en poudre fine; on remue quelques instants et on filtre presque aussitôt. Après avoir formé le volume de 300 centimètres cubes, on y plonge le natromètre, lequel indique directement en kilogrammes l'oxyde de sodium par hectolitre de lessive.

Il est facile de savoir, en consultant la table nº **1**, combien de degrés alcalimétriques correspondent à la quantité de soude trouvée et, par suite, la dose de la potasse titrante. Cette table, qui évite tout calcul, fait connaître le nombre de degrés alcalimétriques, la quantité de carbonate, de chlorure et de sulfate correspondant à chaque centième de soude.

TABLE N° 1.

SOUDE (oxyde de sodium) trouvée.	DEGRÉS alcalimétriques du commerce.	CARBONATE de soude sec.	CHLORURE de sodium.	SULFATE de soude.
1 représente	1.57 ou	1.70 ou	1.87 ou	2.28
2	3.14	3.41	3.75	4.56
3	4.71	5.12	5.63	6.84
4	6.28	6.83	7.50	9.13
5	7.85	8.53	9.38	11.41
6	9.42	10.24	11.26	13.69
7	10.99	11.95	13.13	15.97
8	12.55	13.66	15.01	18.25
9	14.12	15.36	16 89	21.54
10	15.69	17.07	18.76	22.82
11	17.26	18.78	20.64	25.10
12	18.83	20.49	22.52	27.38
13	20 40	22.19	24.39	29.66
14	21.97	23.90	26.27	31.95
15	23.54	25.61	28.15	34.23
16	25.11	27.32	30.63	36.51
17	26.68	29.02	31.91	38.79
18	28.25	30.73	33.77	41.08
19	29.82	32.44	35.65	43.36
20	31.39	34.14	37.53	45.64
21	32.96	35.85	39.40	47.92
22	34.53	37.56	41.28	50.20
23	36.10	39.27	43.16	52.49
24	37.67	40.97	45.03	54.77
25	39.24	42.68	46.91	57.05
26	40.81	44.39	48.79	59.33
27	42.38	46.09	50.66	61.63
28	43.95	47.80	52.54	63.90
29	45.52	49.51	54.42	66.18
30	47.09	51.22	56.29	68.46
31	48.65	52.92	58.17	70.74
32	50.22	54.63	60.05	73.02
33	51.79	56.34	61.92	75.31
34	53.36	58.05	63.80	77.59
35	54.93	59.75	65.67	79.87
36	56.50	61.46	67.55	82.15
37	58.07	63.17	69.43	84.44
38	59.64	64.88	71.30	86.72
39	61.21	66.58	73.18	89.00
40	62.78	68.29	75.06	91.28

Suite de la Table N° 1.

SOUDE (oxyde de sodium) trouvée.	DEGRÉS alcalimétriques du commerce.	CARBONATE de soude sec.	CHLORURE de sodium.	SULFATE de soude.
41 représent^t	64.35 ou	70.00 ou	76.93 ou	93.56
42	65 92	71.70	78.81	95.85
43	67.49	73.41	80.69	93.13
44	69.06	75.12	82.56	100.41
45	70.63	76.83	84.44	
46	72.20	78.53	86.32	
47	73.77	80.24	88 19	
48	75.34	81.95	90 07	
49	76.91	83.66	91.95	
50	78.48	85.36	93.82	
51	80.05	87.07	95.70	
52	81.62	88 78	97.58	
53	83.19	90.49	99.45	
54	84.76	92.19		
55	86.33	93.90		
56	87.89	95.61		
57	89.46	97.31		
58	91.03	99.02		

La table n° 2 indique la dose de carbonate de potasse représentée par chaque degré de l'alcalimètre.

TABLE N° 2.

DEGRÉS alcalimétriq.	CARBONATE de potasse.	DEGRÉS alcalimétriq.	CARBONATE de potasse.	DEGRÉS alcalimétriq.	CARBONATE de potasse.
1 repr.	1.41	25 repr.	35.26	49 repr.	69.11
2	2.82	26	36.67	50	70.52
3	4.23	27	38.08	51	71.93
4	5.65	28	39.49	52	73.34
5	7.05	29	40.90	53	74 75
6	8.46	30	42.31	54	76.16
7	9.87	31	43.72	55	77.57
8	11.28	32	45.13	56	78.98
9	12.69	33	46.54	57	80.39
10	14.10	34	47.95	58	81.80
11	15.51	35	49.36	59	83.21
12	16.92	36	50.77	60	84.62
13	18.83	37	52.18	61	86.63
14	19.74	38	53.59	62	87.44
15	21.15	39	55.00	63	88.85
16	22.56	40	56.41	64	90.26
17	23.97	41	57.82	65	91.67
18	25.38	42	59.23	66	93.08
19	26.79	43	60.65	67	94.49
20	28.21	44	62.06	68	95.90
21	29.62	45	63.47	69	97.31
22	31.03	46	64.88	70	98.73
23	32.44	47	66.29	71	100.13
24	33.85	48	67.70		

Lorsqu'en opérant sur 5,0 gram. d'alcali dont le titre a été reconnu de 60° par exemple, on a trouvé 8 centièmes de soude, on saura, par la table n° 1, combien cette quantité représentera de chlorure, de sulfate ou de carbonate. En regard des 8 centièmes trouvés, on voit que ces 8 centièmes de soude font 12°,55 de l'alcalimètre et proviennent de 13,66 de carbonate de soude, ou de 15,01 de chlorure de sodium, ou de 18,25 de sulfate de soude, ce qui indique que la matière essayée contient cette proportion de l'un ou de l'autre de ces sels dans 100 parties. Pour l'application aux alcalis titrants, dès qu'on a appris que 8 centièmes de soude donnent 12°,55 en retranchant 12°,5 des 60° trouvés, on a 47°,5 seulement dus à la potasse. La table n° 2 montre que ces 47°,5 peuvent être produits par 66,99 de carbonate de po-

tasse; en effet 47° représentent 66,29 de carbonate de potasse et les 5 dixièmes de degré, 0,705. L'addition de 66,25 et 0,705 donne bien 66,995.

Si l'on veut consulter les tables lorsque l'essai natrométrique a été pratiqué sur des lessives, sur 50 centimètres cubes de liqueur, on doit auparavant multiplier par dix la quantité de soude trouvée, car le degré alcalimétrique se rapporte à 100 parties de matières, et l'essai n'a été fait que sur le dixième de la quantité à employer pour que le natromètre indique des centièmes.

APPLICATION DES ALCALIS A LA FABRICATION DU VERRE.

Tout le monde sait que le verre est dû à la combinaison de la potasse et de la soude avec la silice et la chaux; nous ne remonterons ni à l'origine de cet art, ni aux diverses hypothèses qu'on a émises à ce sujet; nous nous bornerons à dire que, quoiqu'il fût déjà très-avancé chez les Egyptiens, il a reçu cependant de nos jours le plus haut degré de perfection, si on le compare du moins à ce qu'il était du temps de Néri, de Kunkel, de Pott, etc. Les chimistes modernes s'accordent à regarder le verre et les cristaux comme des silicates alcalins et métalliques, suivant qu'on y a ajouté des oxydes de cette dernière nature. En parlant de la potasse et de la soude, nous avons passé sous silence quelques détails intéressants que nous allons rappeler ici :

1° La potasse du commerce contient plus ou moins d'hydrochlorate et de sulfate de potasse. Il est vrai qu'on la dépouille d'une grande partie, en suivant la méthode que nous avons conseillée, de lessiver les cendres à froid, et jamais à chaud, comme le pratiquent quelques fabricants. Par ce moyen, comme ces sels sont plus ou moins solubles dans l'eau que le sous-carbonate de potasse, il ne s'en dissout que fort peu. Si l'on a le soin de faire reposer ensuite la liqueur pendant quelques jours, quand elle est réduite au-dessous du tiers de son volume, par l'évaporation, à raison de cette solubilité moindre de ces deux sels, il en résulte qu'ils se séparent en grande partie de la liqueur sous forme de cristaux.

Mais comme il arrive souvent que l'on ajoute des matières terreuses à la potasse, les verriers dissolvent cet alcali pour l'en dépouiller. A cet effet, M. Bastenaire conseille, tant pour les débarrasser de cette terre que des sulfate et hydrochlorate de potasse, de faire dissoudre cet alcali dans de l'eau chauffée de 60 à 70 degrés. Nous blâmons fortement cette méthode, à cause que les deux sels précités sont beaucoup plus solubles dans l'eau chaude que dans l'eau froide;

MM. les fabricants doivent donc faire cette solution à froid, et épuiser le résidu jusqu'à ce que l'eau reste claire et ne ramène point au bleu le papier de tournesol rougi par un acide.

2° Il paraît que l'emploi de la soude, pour la fabrication du verre, a précédé celui de la potasse; comme de pareilles recherches, pour établir cette priorité, ne contribueraient en rien aux progrès de cet art, nous nous bornerons à dire que les Phéniciens faisaient leur verre avec la soude, et qu'au rapport de plusieurs écrivains, ce peuple, chez lequel les arts étaient tant en honneur, fabriquait une belle verrerie, il y a plus de trois mille ans, ce qui prouve qu'il connaissait aussi l'art d'extraire la soude des cendres des plantes marines. Nous avons fait connaître la manière d'obtenir la soude de ces plantes, ainsi que celle, dite *artificielle*, par la décomposition du sel marin. Nous allons donc nous livrer à quelques réflexions sur son emploi dans la verrerie.

3° La *soude brute* ne saurait être employée que pour la verrerie commune, attendu qu'elle donne au verre une teinte verdâtre plus ou moins intense qui paraît due à un sulfure de fer. L'emploi de la soude brute offre, comme le disent les fabricants, *plus de marge*, parce que le sous-carbonate de chaux qui s'y trouve réuni au charbon, décomposant le sulfate de soude, le transforme en sulfure de chaux, dès lors la soude devenue libre se vitrifie avec la silice. Cependant, lorsqu'on veut obtenir du beau verre, on lessive la soude brute, et l'on fait cristalliser. Par ce moyen, on peut la dépouiller d'une grande partie de l'hydrochlorate de soude (chlorure de sodium ou sel marin), mais non du sulfate de cet alcali, qui est si soluble dans l'eau, qu'il retient plus de la moitié de son poids d'eau de cristallisation.

4° Comme pour la belle verrerie on n'emploie point la soude brute, il est bon de faire connaître les moyens propres à en extraire ces sels. On commence à casser les soudes brutes avec un gros marteau et à les réduire en morceaux de la grosseur d'un œuf; on les passe ensuite à la meule pour les réduire en poudre fine. Nous conseillons pour cela de faire construire la double meule qui est employée pour l'extraction des huiles des graines oléagineuses, et que nous avons décrite dans la *Bibliothèque Physico-Economique* et dans le *Manuel du fabricant des Huiles*, de l'*Encyclopédie-Roret*. Ce moulin se compose de deux meules verticales de pierre dure, fig. 25, d'un diamètre d'environ 2m.30 (7 pieds), et de 49 à 54 centim. (18 à 20 pouces) d'épaisseur. L'axe de ces meules est fixé à un châssis qui embrasse un axe vertical

tournant sur pivot, et placé au centre d'une forte table de pierre. Le mouvement de rotation qu'on lui communique imprime à chaque meule deux mouvements :

1° Le mouvement de rotation sur elles-mêmes.

2° Celui qu'elles subissent en décrivant un cercle sur la table de maçonnerie sur laquelle elles roulent.

L'axe de chaque meule doit être ajusté de manière que la meule puisse hausser ou baisser, suivant le besoin.

L'une de ces pierres ou meules est plus rapprochée de l'arbre vertical que l'autre, de manière qu'elles occupent ainsi une plus grande étendue sur la table, et écrasent plus de matière. A l'aide de deux ramoneurs qui suivent les meules dans leurs mouvements et conduisent sans cesse, la soude sous leur passage est écrasée dans tous les sens. Le ramoneur extérieur est garni d'un chiffon de toile qui frotte contre la bordure ou contour de la table, et entraîne le plus de matière qui aurait resté dans l'angle de ce contour.

Lorsque la soude est broyée, on la passe au tamis fin à réseaux métalliques, l'on remet les *grugeons* sous la meule avec de nouvelle portion de soude, et l'on continue cette opération au fur et à mesure que l'on fabrique. Nous ne conseillons pas de réduire toute la soude que l'on a en poudre, et de la conserver ainsi en magasin, parce que cet alcali pulvérisé absorbe plus facilement l'acide carbonique de l'air.

Dès qu'on a réduit la soude en poudre fine, il faut la lessiver; mais il faut s'y prendre différemment que pour la potasse, puisque la soude se tasse bien plus fortement que les cendres, et rend par conséquent l'écoulement de la lessive bien plus difficile à s'opérer.

Loysel et Bastenaire-Daudenart ont proposé à ce sujet des appareils compliqués et plus ou moins dispendieux, que nous croyons ne pas devoir adopter. Nous allons donc en proposer de beaucoup plus simples et peu coûteux, puisqu'ils se réduisent à quelques cuviers de bois, comme pour le lessivage des terres salpêtrées.

On prend une série de baquets en bois de pin, d'une grandeur relative aux besoins de la fabrique; on les dispose sur un massif à pied au-dessus du niveau du sol; on place aux deux tiers de leur profondeur un robinet en bois. On met dans chacun de ses baquets environ le quart de leur contenance de soude en poudre, sur laquelle on verse un volume d'eau égal à la moitié de cette même contenance; on agite de temps en temps ce mélange avec une espèce de râteau de bois, afin de favoriser la solution des sels contenus dans la soude brute. Après un séjour d'environ une heure et demie,

on ouvre le robinet, et l'on évacue ainsi la liqueur claire, qui est conduite par une rigole dans un réservoir commun ; on verse de nouvelle eau sur le résidu, l'on agite et on la soutire de nouveau : l'on continue ainsi jusqu'à ce que ce liquide ne se charge plus de rien. On enlève alors le résidu de la soude brute ou *charrée de soude*, et on la met à part pour l'employer comme fondant dans la fabrication du verre commun.

Les secondes et dernières eaux de lessivage sont recueillies dans un autre réservoir, et lorsque les baquets sont chargés de nouvelle soude, on les y verse dessus au lieu d'eau commune. Dès lors, après une ou deux heures de macération, elles sont évacuées dans le premier réservoir. Il est bon de faire observer que ces lessives, quoique claires, entraînent des substances végétales et charbonneuses dont on les débarrasse en les faisant passer à travers un filtre de paille avant d'arriver au réservoir. L'on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait lessivé toute la soude que l'on veut. Lorsque la lessive contenue dans le premier réservoir est bien claire et qu'elle a bien déposé toutes les impuretés dont elle était chargée, on la fait passer au moyen d'une pompe dans un réservoir n° 3, placé à quelques pieds au-dessus du niveau des chaudières.

Ces chaudières doivent être au nombre de deux, et en plomb ; l'une est nommée *préparante*, et l'autre *réduisante*. On les place sur des fourneaux construits d'après les nouveaux principes. Les chaudières doivent être faites de manière à ce qu'elles présentent une grande surface et peu de profondeur afin de favoriser l'évaporation de l'eau. Tout étant disposé, on remplit ces deux chaudières de la lessive claire (1) contenue dans le bassin supérieur, n° 3, et l'on allume les fourneaux pour porter et entretenir la lessive à l'ébullition : au fur et à mesure que l'hydrochlorate de soude cristallise à la surface de la liqueur de la réduisante ; on l'enlève avec une écumoire. On doit y placer aussi un double fond en osier, suspendu, que l'on enlève pour retirer les portions de ce sel qui se sont déposées ; lorsque la lessive de la réduisante est assez concentrée, on ouvre un robinet qui la distribue dans des vases en bois, nommés *cristallisoires*, que l'on place dans un lieu frais pour favoriser la cristallisation. Une fois qu'elle s'est bien opérée, on enlève les eaux-mères, on les réunit et on les verse dans les chaudières.

(1) La liqueur doit être claire; si elle était trouble, elle pourrait déposer, sur les parois de la chaudière, une couche terreuse qui en opérerait la fonte.

Il est bon de faire observer que, durant l'évaporation de la *préparante* et de la *réduisante*, on laisse constamment tomber un filet de lessive dans la première, et que lorsqu'on a évacué la lessive concentrée de la seconde, on la remplit avec celle de la préparante, qui doit être un peu plus grande que la réduisante, de manière qu'il n'y a que la première que l'on remplit de lessive froide, qui y subit un commencement de réduction, laquelle se termine dans l'autre. C'est de la nature de leur travail que proviennent leurs dénominations.

5° Comme nous avons fait connaître que lorsqu'on fabriquait le verre avec les sous-carbonates, il y avait un boursoufflement considérable produit par le dégagement de l'acide carbonique; pour y obvier en grande partie, nous conseillons d'ajouter, à la soude brute pulvérisée, environ quatre centièmes de chaux vive en poudre, laquelle enlève l'acide carbonique au sous-carbonate de soude, et évite la calcination de ce sel pour le dépouiller de cet acide.

6° On ne doit point employer des chaudières de fonte pour l'évaporation des lessives, à cause qu'elles attaquent le fer, et qu'elles entraîneraient l'oxyde formé qui colorerait les verres.

7° Par l'évaporation, une grande partie du chlorure de sodium (hydrochlorate de soude) s'en sépare par la cristallisation, mais il y reste un peu de sulfate de soude, qui, bien constaté par l'analyse chimique, peut être décomposé par suffisante quantité de chaux et de charbon.

8° Dans les verreries, avant d'employer le sous-carbonate de soude, on en dégage une grande partie de l'acide carbonique en calcinant ce sel, en l'étendant sur l'aire d'un fourneau de réverbère chauffé au rouge brun et le remuant souvent, jusqu'à ce qu'il soit sec et d'un beau blanc. Si cette calcination n'avait pour but, comme le croit M. Bastenaire, que de dépouiller le sous-carbonate de soude de son acide carbonique, la lessivation de la soude avec l'addition de la chaux y obvierait aisément; mais par la calcination on enlève à ce sel son eau de cristallisation, ce qui fait que les fabricants savent plus au juste la quantité qu'ils en emploient. Outre cela, ce sel calciné, ainsi que les substances salines qu'il peut contenir, éprouvent par cette même calcination des effets qui ne sont encore constatés que par l'expérience, sans avoir encore été éclaircis par la théorie, ainsi qu'on va le voir.

9° Lorsqu'on emploie des sels de soude non calcinés, les verres que l'on obtient, au lieu d'avoir la blancheur et l'éclat

de ceux qui sont fabriqués avec le sous-carbonate de soude calciné, ont une teinte jaunâtre que l'oxyde de manganèse ne saurait faire disparaître sans l'addition d'un peu d'oxyde de cobalt. Quoi qu'il en soit de l'effet produit par la calcination sur le sel de soude, il n'en est pas moins vrai que le verre fabriqué avec ce sel ainsi préparé, est très-beau, et imite très-bien le cristal de roche.

10° Certains verriers, soutenant que les soudes contiennent du fer, dont on ne les débarrasse que par la calcination, et voulant éviter cette opération, emploient la potasse. Une telle opinion est erronée ; nous nous sommes convaincus par l'analyse que les sels de soude bien préparés ne contiennent pas un atome de ce métal. D'ailleurs, la potasse est bien plus chère, et comme on la calcine le plus souvent dans des vases de fer, elle est bien plus susceptible de retenir cet oxyde métallique que la soude, surtout celle qui est produite dans nos fabriques par la décomposition du sel marin.

11° 100 parties de cristaux de sous-carbonate de soude, dit M. Bastenaire, contiennent

Parties de soude pure.	20
Acide carbonique..	16
Eau de cristallisation.	64

De même, ajoute-t-il, que 100 parties de sous-carbonate de soude privé d'eau de cristallisation, contiennent

Soude..	55
Acide carbonique..	45

J'ignore où ce manufacturier a pris ces analyses, qui ne sont pas du tout d'accord avec celles de nos meilleurs chimistes : en effet, M. Berard n'y avait reconnu que 62,69 pour 100 d'eau de cristallisation, et M. Thenard ayant trouvé que le sous-carbonate de soude anhydre ou bien privé d'eau était composé de

Soude.	141.387
Acide carbonique.	100

en résulte que M. Bastenaire s'est grandement trompé dans les proportions qu'il a indiquées, puisque 100 parties de sous-carbonate de soude privé d'eau contiennent

Soude.	59.27
Acide carbonique.	40.73
	100.00

D'après l'analyse de M. Thenard, 100 parties de cristaux

de sous-carbonate de soude, contiennent 62,69 d'eau de cristallisation; il en résulte qu'il n'y a véritablement dans ces 100 parties que 37 parties 31 de sel anhydre; or, d'après l'analyse de M. Thenard, ces 37,31 sont composées de

Soude.	22.17
Acide.	15.14
	37.31

Suivant ces analyses, dont nous croyons pouvoir garantir l'exactitude, les 100 parties de sous-carbonate de soude cristallisé contiennent environ 22,17 d'alcali pur, au lieu de 20 indiquées par M. Bastenaire.

Nous devons faire observer que, quel que soit le degré de calcination qu'on fasse éprouver à la potasse ou à la soude, on ne parvient jamais à les dépouiller de tout leur acide carbonique, et que l'on s'expose à en vitrifier une partie, si elle contient un peu de silice, d'alumine ou de chaux. Nous ajoutons que le sous-carbonate de potasse retient plus d'acide carbonique que celui de soude.

12° Quant à l'union de la silice avec ces deux alcalis, elle est aussi prompte avec la potasse qu'avec la soude, c'est-à-dire que la fusion et la vitrification auront lieu à la même température et dans le même laps de temps, à moins que la potasse fût trop chargée d'acide carbonique.

Des produits de la fabrication des soudes artificielles.

La question de la nature et des qualités des alcalis étant, ainsi qu'on l'a vu, d'une très-haute importance pour le verrier, et l'emploi des soudes artificielles ayant presque partout aujourd'hui remplacé les autres alcalis, nous croyons devoir présenter ici un extrait d'un mémoire très-instructif de M. J. Brown, inséré dans le tome XI du *Technologiste*, p. 121, sur les produits qu'on obtient dans les diverses opérations de la fabrication de la soude artificielle en Angleterre.

Tout le monde connaît, dit M. Brown, le procédé inventé en 1784 par Leblanc et Dizé pour la fabrication de la soude artificielle. Ce procédé étant encore celui qui est le plus employé dans la préparation de ce produit chimique, nous allons examiner les réactions auxquelles il donne lieu avec les matériaux dont on fait usage en Angleterre et les produits qu'on en obtient.

1° Occupons-nous d'abord de la décomposition du sel marin par l'acide sulfurique et de la production du sulfate de soude et de l'acide chlorhydrique.

Le sel dont on fait usage à Glascow pour la fabrication de la soude factice, provient des sources salées qui existent en abondance dans le Cheshire dans le nouveau et le vieux grès rouge. La solution salée est évaporée jusqu'à ce qu'elle atteigne une certaine force, point où tous les sels se précipitent, puis on la filtre alors à travers des claies ou paniers en osier et on l'évapore. Les eaux-mères servent à la fabrication de sels de magnésie. Le sel ainsi obtenu contient de nombreuses impuretés, dont les principales sont : la chaux, l'acide sulfurique et la magnésie. Trois analyses de ce sel ont donné, en moyenne, les résultats contenus dans le tableau suivant :

		Magnésie.	Chaux.	Acide sulfurique.
Chloride de sodium..	931.615	»	»	»
— de potassium...	traces.	»	»	»
— de magnésium..	1.066	0.381	»	»
Sulfate de chaux....	10.098	»	4.158	5.940
— de magnésie....	1.348	0.449	»	0.399
Carbonate de chaux.	1.500	»	»	»
Eau..............	54.373	»	»	»
	1000.000	0.830	4.158	6.839

On introduit à peu près 3 quintaux métriques de ce sel dans un pot en fer, et on fait arriver dessus, au moyen d'un siphon, environ 2,75 quintaux d'acide sulfurique du poids spécifique de 1,750. Une violente réaction a lieu immédiatement et une immense quantité d'acide chlorhydrique se dégage et s'échappe par une cheminée, ou bien est reçue dans de grands cylindres verticaux renfermant une colonne de coke en morceaux qui retiennent le gaz jusqu'à ce qu'il y ait une quantité considérable ainsi recueillie ; alors on fait couler à travers le coke des filets d'eau qui absorbent tout le gaz. Au bout de deux heures toute évolution de gaz a cessé, et le sulfate qui est à l'état demi-fluide est transporté dans une chambre ou il est chauffé fortement pour en chasser tout l'acide. L'opération entière dure à peu près quatre heures.

Les matières étrangères contenues dans le sulfate de soude

brute ainsi obtenu sont : le sable, le peroxyde de fer, la magnésie et le sel non décomposé. En analysant le sulfate brut, on a trouvé qu'il avait la composition suivante :

Sulfate de soude.	962.170
Sulfate de chaux.	9.731
Sulfate de magnésie.	2.893
Chloride de sodium.	10.956
Peroxyde de fer.	2.300
Sable.	3.100
Acide libre.	8.850
	1000.000

2° La seconde partie du procédé est, comme on sait, la conversion du sulfate en carbonate de soude brut. Voici les proportions des ingrédients généralement employés dans cette conversion :

		pour cent.	quantité théorique,
	kil.	kil.	kil.
Sulfate de soude. . .	126.85	100.»	100.»
Calcaire en poudre. .	133.20	182.9	105.3
Menu de houille. . .	88.75	61.7	35.6

Ces ingrédients, après avoir été intimement mélangés, sont introduits dans un four à réverbère où on les chauffe fortement. La masse se ramollit bientôt, et il faut avoir soin de la brasser fréquemment afin d'exposer de nouvelles surfaces à la chaleur. Lorsqu'elle acquiert la consistance de la pâte à faire le pain, l'action chimique commence, et des jets d'oxyde de carbone enflammés ne tardent pas à s'en échapper. L'évolution du gaz devient bientôt très-rapide au point que la masse entière paraît être à l'état d'ébullition. Lorsque celle-ci s'apaise, l'opération est terminée et la masse fondue est tirée hors du four, et on la laisse se prendre en masse. Ce gâteau ainsi obtenu est le carbonate de soude brut.

En procédant à l'analyse de la soude brute obtenue comme on vient de l'expliquer, analyse dont nous ne reproduirons pas ici les détails, on a trouvé que ce carbonate avait la composition indiquée dans le tableau qui suit :

		Soude	Chaux	Acide carbonique.	Soufre
Carbonate de soude.	35.640	21.120	»	14.520	»
Soude caustique....	0.609	0.609	»	»	»
Aluminate de soude.	2.350	1.504	»	»	»
Sulfate de soude....	1.160	»	»	»	»
Chloride de sodium.	1 913	»	»	»	0.454
Sulfure de sodium..	1.130	0.905	»	»	»
Outremer artificiel..	0.295	»	»	»	10.296
3 $CaS + CaO$....	29.172	»	24.024	»	»
Chaux caustique....	6.301	»	6.301	»	»
Sable.............	4.285	»	»	»	1.706
Sulfure de fer......	4.917	»	»	»	»
Silicate de magnésie	3.744	»	»	»	»
Carbone.	7.998	»	»	»	»
Eau (hygroscopique)	8.700	»	»	»	»
	100.214	24.138	30.325	14.520	12.536

3° Passons à la troisième division de l'opération, c'est-à-dire à la fabrication du sel de soude avec la soude brute.

Le premier point est d'extraire toutes les matières solubles dans la soude brute; on y parvient par une digestion dans l'eau chaude. Les vases dont on fait usage pour cet objet sont de grandes bassines carrées en fer qui, en général, fonctionnent au nombre de cinq ou six à la fois. Ces bassines sont disposées par gradins de manière à former une batterie où l'eau entre dans la première et en sort à l'état bien saturé par la sixième. En abandonnant cette dernière, la liqueur coule dans un très-grand vaisseau en fer où on la laisse déposer; les matières insolubles qui se déposent restent dans ce vaisseau et sont, faute d'usage, jetées dansles environs où elles sont une source d'incommodités à cause de l'hydrogène sulfuré qu'elles dégagent. On a fait de nombreuses tentatives pour extraire le soufre qu'elles renferment, mais sans succès. L'analyse de ces résidus, au moment où on les a recueillis, a donné les résultats suivants:

			Chaux.	Soufre	Acide carbonique.
Sels insolubles	Carbonate de chaux..	24.220	13.563	»	10.657
	3 C*a* S, C*a* O.......	20.363	16.769	7.187	»
	Carbone	12.709	»	»	»
	Silicate de magnésie..	5.937	»	»	»
	Sable...............	5.746	»	»	»
	Peroxyde de fer.....	5.716	»	»	»
Sels solubles.	Sulfate de chaux.....	4.281	1.645	»	»
	Hyposulfite de chaux.	traces.	»	»	»
	Bisulfure de calcium..	3.583	1.929	2.205	»
	Sulfure de calcium...	8.527	6.631	3.790	»
	Hydrate de chaux....	5.383	4.225	»	»
	Carbonate de soude...	1.309	»	»	0.533
	Eau (hygrométrique).	2.100	»	»	»
		100.124	44.762	13.182	11.190

4° Donnons maintenant les résultats de l'analyse du sel obtenu par l'évaporation dans des bassines en fer provenant des lavages de la soude brute ou du sel de soude. Cette liqueur, qui paraît contenir du carbonate de soude, de la soude caustique, du chloride de sodium avec un peu d'aluminate de soude, est décomposée promptement; par l'action de l'atmosphère il se forme du carbonate de soude tandis qu'il se précipite de l'alumine. Evaporé presque à siccité, le résidu se composait des éléments ci-après :

	I.	II.
Carbonate de soude..	68.907	65.510
Hydrate de soude..	14.433	16.072
Sulfate de soude.	7.018	7.812
Sulfite de soude.	2.231	2.134
Hyposulfite de soude. . . .	traces.	traces.
Sulfure de sodium.	1.314	1.542
Chloride de sodium.. . . .	3.972	3.862
Aluminate de soude.	1.016	1.232
Silicate de soude.	1.030	0.800
Matière insoluble.	0.814	0.974
	100.735	99.941

Ce sel est alors introduit dans un four à reverbère ou à carbonater, où on le chauffe fortement. Dans cette opération, le sulfure de sodium se convertit en sulfate de soude et une portion de l'hydrate de soude en carbonate. Enlevé du four, ce sel est prêt à être expédié. A Newcastle et dans quelques autres localités, on le dissout et le carbonate de nouveau; et ainsi fabriqué, il renferme de la soude caustique.

Le sel de soude préparé renferme de 48 à 53 pour 100 d'alcali utile, c'est-à-dire d'alcali combiné avec l'acide carbonique et l'eau, et il a fourni à l'analyse:

	I.	II.	III.
Carbonate de soude. .	71.614	70.461	62.13
Hydrate de soude.. .	11.231	13.132	17.20
Sulfate de soude. . .	10.202	9.149	8.66
Chloride de sodium. .	3.031	4.279	3.41
Sulfite de soude. . . .	1.117	1.136	0.33
Aluminate de soude. .	0.923	0.734	1.11
Silicate de soude. . .	1.042	0.986	2.56
Sable.	0.316	0.464	0.62
Eau.	»	»	3.96
	99.496	100.341	100.00

La troisième analyse, due à M. Unger, a été faite sur un sel de soude préparé en Allemagne.

5° Reste à connaître l'analyse et la formation du carbonate de soude cristallisé.

Les masses de carbonate de soude sont lixiviées avec de l'eau de la même manière que pour la fabrication du sel de soude. La liqueur est pompée de la cuve à dépôt dans une bassine où on l'évapore presque jusqu'à siccité; alors on l'extrait de la bassine et on la jette en masse sur des tamis ou un carrelage où le sulfure de sodium et la soude caustique ne tardent pas à tomber en déliquescence et à s'écouler du sel. Ce sel, séché à 100° C., a fourni à l'analyse :

	I.	II.
Carbonate de soude.	79.641	80.918
Hydrate de soude..	2.712	5.924
Sulfate de soude.	8.641	7.431
Sulfite de soude.	1.238	1.110
Sulfure de sodium.	traces.	0.250
Hyposulfite de soude. . . .	traces.	traces.
Chloride de sodium.	4.128	3.142
Aluminate de soude.	1.176	1.014
Silicate de soude.	1.234	1.317
Matière insoluble.	0.972	0.768
	99.742	99.854

Ce sel est alors introduit dans un four à réverbère et carbonaté. Les dernières traces du soufre sont ainsi oxydées et presque tout l'hydrate est converti en carbonate. Il a fourni alors à l'analyse :

	I.	II.
Carbonate de soude.	84.002	83.761
Hydrate de soude.	1.060	0.934
Sulfate de soude.	8.560	9.495
Sulfite de soude.	traces.	0.386
Chloride de sodium.	3.222	3.287
Aluminate de soude.	1.013	0.620
Silicate de soude.	1.984	0.789
Matière insoluble.	0.716	9.846
	100.557	100.118

On prépare souvent un sel de soude de qualité supérieure avec ce sel en le dissolvant dans l'eau, évaporant à siccité et carbonatant. Alors il renferme très-peu de soude caustique et en moyenne 50 pour 100 d'alcali environ, comme on le voit par son analyse :

	I.	II.
Carbonate de soude.	84.314	84.721
Hydrate de soude.	traces.	0.28
Sulfate de soude.	10.260	9.764
Sulfite de soude.	traces.	»
Chloride de sodium.	3.480	3.140
Aluminate de soude.	0.632	0.716
Silicate de soude.	0.414	0.318
Matière insoluble.	0.259	0.498
	99.359	99.437

C'est avec ce sel qu'on fabrique le carbonate de soude cristallisé. A cet effet on le dissout dans l'eau chaude jusqu'à ce que la solution ait un poids spécifique de 1,250 ; on coule dans une cuve ou on mélange avec une quantité d'eau froide suffisante pour réduire ce poids spécifique à 1,21. Ce mélange occasionne le dépôt d'une grande quantité de matière terreuse. On ajoute alors un peu de chlorure de chaux en poudre à la liqueur, et il se précipite un autre dépôt. Après avoir laissé reposer, on décante la solution avec soin dans une autre bassine et on évapore jusqu'à ce qu'elle marque un poids spécifique de 1,27. Alors on la fait écouler dans une cuve d'où elle passe dans les cristallisoirs. La cristallisation dure en moyenne huit jours, mais cette durée varie avec la

saison et l'état de l'atmosphère ; on la favorise sensiblement en plaçant quelques barres de bois de 5 à 7 centim. (2 à 3 pouces) de largeur sur le sommet de la liqueur.

Le carbonate de soude cristallisé ainsi obtenu a donné à l'analyse :

	I.	II.
Carbonate de soude.	36.476	36.931
Sulfate de soude.	0.943	0.542
Chloride de sodium.	0.424	0.314
Eau.	62.127	62.213
	100.000	100.000

Comme il renferme 10 atomes d'eau de cristallisation, sa formule est $NaO, CO2 + 10 HO$, et sa composition, calculée d'après la formule, est :

Carbonate de soude.	37.500
Eau.	62.500
	100.000

Quand on a chassé l'eau de ces cristaux par la chaleur, on obtient un carbonate de soude très-pur employé dans la fabrication des glaces, et qui donne à l'analyse :

Carbonate de soude.	98.120	97.984
Sulfate de soude.	1.076	1.124
Chloride de sodium.	0.742	0.563
	99.938	99.671

TROISIÈME SECTION.

OXYDES MÉTALLIQUES,

ACIDES ET SELS SERVANT A LA CONFECTION DES VERRES, CRISTAUX, STRASS ET PIERRES PRÉCIEUSES, AINSI QU'A LEUR COLORATION.

Nous allons examiner ces oxydes dans leur ordre alphabétique.

DEUTOXYDE D'ARSENIC.

Ce deutoxyde est connu de temps immémorial sous les noms d'*arsenic*, *arsenic blanc*, *mort-aux rats*, etc. Le plus grand nombre des chimistes le considèrent comme un oxyde, et d'autres comme un acide, auquel ils ont donné le nom d'*acide arsénieux*. Quoi qu'il en soit, on le trouve dans la

nature soit en poudre blanche, soit en cristaux transparents, octaédriques, diversement colorés. La plus grande partie de celui qu'on trouve dans le commerce provient de la calcination et de la sublimation des mines de cobalt. Cet oxyde est souvent incolore, et d'autres fois il a une nuance dorée, avec des filets en couches rougeâtres ou jaunâtres; réduit en poudre, il est toujours d'un très-beau blanc. Son poids spécifique est de 3,699. Jeté sur les charbons ardents, il se sublime en une fumée blanche, répandant une odeur d'ail très-forte, qui est un des signes caractéristiques de ce métal et de ses oxydes. Si l'on expose une plaque de cuivre à cette fumée ou vapeur arsenicale, elle blanchit de suite.

Le deutoxyde d'arsenic est inodore, sa saveur est âcre, avec un arrière-goût douceâtre; il est réductible par la pile, inaltérable à l'air, et soluble dans 400 parties d'eau froide ou 15 d'eau bouillante : aussi cette dernière solution donne, par le refroidissement, des cristaux tétraédriques bien marqués.

L'arsenic, ses oxydes, son acide et ses sels, sont de violents poisons. Heureusement que nous avons d'excellents réactifs pour le reconnaître, car, indépendamment de sa volatilité et de l'odeur d'ail que cette vapeur répand, l'acide hydrosulfurique (gaz hydrogène sulfuré) produit dans la solution d'arsenic un précpité jaune doré, qui est un sulfure de ce métal; son action est même telle, qu'il peut rendre sensible dans une liqueur 0,00001, de cette substance.

Nous ne parlerons ici que de l'application de l'arsenic à la fabrication du verre. Il paraît qu'on ignore absolument quel est le rôle qu'il joue dans la vitrification, quoique les verriers l'emploient pour purifier, ou, comme ils disent, pour purger les verres de première qualité ou destinés à la confection d'objets de haute valeur.

M. Bastenaire explique son action dépurante par sa volatilité. Il ajoute qu'en se vaporisant il entraîne avec lui toutes les fuliginosités ou corps étrangers qui pourraient apporter des couleurs dans le verre. Il procure, dit-il, un bouillonnement qui renouvelle les surfaces au contact de la flamme, et par là contribue à l'achèvement de l'oxydation des substances métalliques, dans le cas où les oxydes ne seraient pas assez chargés d'oxygène, ce qui arrive souvent. Nous croyons que cette théorie n'est qu'une hypothése invraisemblable; et nous pensons que l'oxyde d'arsenic exerce une action chimique sur ces matières colorantes, et se combine avec elles; nous sommes d'autant plus porté à adopter cette opinion, qu'il est généralement reconnu :

1° Que si l'on ajoute aux mélanges des matières vitrifiables un peu trop de deutoxyde d'arsenic, le verre que l'on obtient est opaque;

2° Que ces verres, ainsi fabriqués, attirent l'humidité de l'air, comme l'on peut l'observer pour certains verres d'Allemagne;

3° Enfin, parce qu'il est reconnu qu'il agit comme fondant. Relativement à cette propriété, M. Bastenaire, considérant ses propriétés vénéneuses, conseille d'y substituer le minium qui est également un poison : la potasse ou la soude sont également préférables.

Quant aux dangers que ce fabricant semble craindre, lorsque l'arsenic entre dans la composition du verre au-delà de 1/4 à 1/2 pour cent, nous croyons fortement qu'il ne doit inspirer aucun danger, lorsque la vitrification est complète et que le verre est très-blanc et très-transparent.

OYYDE D'ANTIMOINE.

L'antimoine est susceptible de former trois oxydes avec l'oxygène :

1° Le *protoxyde*, qui est d'un blanc sale et fusible, en un liquide jaunâtre qui exhale des vapeurs épaisses. On l'obtient en chauffant l'antimoine dans un creuset surmonté de plusieurs autres, en laissant entre le premier et celui où se fait l'opération une petite ouverture pour tenir le métal en contact avec l'air. Cet oxyde est connu en médecine sous le nom de *fleurs argentines d'antimoine*.

2° Le *deutoxyde* est blanc, insoluble, irréductible par le feu, fusible en jaune. On l'obtient en calcinant le sous-nitrate d'antimoine.

3° Le *tritoxyde* est de couleur jaune; quelques chimistes le regardent comme un acide qu'ils appellent *antimonique*. On l'obtient en décomposant par le calorique un mélange de six parties de nitrate de potasse (sel de nitre) et une de régule d'antimoine en poudre. On lave la masse et on la traite par un acide qui s'empare de la potasse.

Ces divers oxydes, et principalement celui qui est connu sous le nom d'antimoine diaphorétique, sont employés pour donner aux verres une couleur jaune; ils servent à remplacer le chlorure d'argent dont le prix est trop élevé.

Il est bon cependant de faire observer que lorsqu'on veut obtenir une belle couleur jaune, fixe au feu, on doit ajouter à cet oxyde d'antimoine de une à deux parties en poids de minium, qu'on mêle et qu'on introduit dans un creuset auquel on donne un coup de feu léger et soutenu pendant trois

quarts-d'heure. Le produit est alors un très-beau jaune, d'autant plus clair ou plus foncé qu'on aura plus ou moins ajouté d'oxyde rouge de plomb.

OXYDE D'ARGENT.

On prépare cet oxyde en dissolvant de la limaille d'argent dans l'acide nitrique (eau-forte). Cette solution a lieu avec une effervescence due à la décomposition d'une partie de l'acide dont l'oxygène se porte sur le métal de l'oxyde, tandis que l'acide décomposé se dégage à l'état de deutoxyde d'azote. L'oxyde d'argent s'unit à l'acide nitrique non décomposé et forme un nitrate d'argent, duquel on sépare cet oxyde en y versant une solution de potasse et de soude, lavant le précipité à l'eau froide et le faisant sécher. Cet oxyde, ainsi obtenu, est d'un vert olive foncé, inodore et insipide, réductible par la chaleur et la pile, etc. Il est composé de

Argent..	93.11
Oxygène..	6.89
	100.00

PROTOXYDE DE CHROME.

Cet oxyde a été découvert par M. Vauquelin ; il est de couleur verte, insoluble dans l'eau, infusible et décomposable par la pile. Chauffé avec la potasse, il passe à l'état d'acide, et forme, avec cet alcali, un chromate. A l'état d'hydrate, il est gris ; par l'action du calorique, il perd son eau et reprend sa belle couleur verte.

On prépare ce protoxyde en calcinant le chromate de mercure dans une cornue. Cet oxyde est composé de

Chrome.	70.11
Oxygène..	29.89
	100.00

C'est avec cet oxyde qu'on donne les belles couleurs vertes aux porcelaines, et que l'on colore les verres et les pierres précieuses artificielles imitant les émeraudes, etc.

Le chrome, uni à une plus forte dose d'oxygène, passe à l'état d'acide chromique (1). Cet acide a une belle couleur pourpre qui donne au verre une belle teinte rose de rubis. On prépare cette couleur en faisant fondre dans un bon creuset

Partie de sable blanc.	1
Sous-carbonate de soude.	3

(1) Voyez les Acides.

On fait dissoudre ce verre soluble dans l'eau chaude, l'on filtre et l'on y ajoute de petites parties d'acide sulfurique qui y produit un précipité gélatineux. Cela fait, on décante la liqueur et l'on verse dans cette gelée une solution d'acide chromique qui lui communique aussitôt une belle couleur rose; l'on remue constamment le mélange, on le fait sécher à une douce chaleur, et on le conserve dans des flacons bouchés à l'émeri.

OXYDE DE COBALT.

Le cobalt est susceptible de s'unir à l'oxygène en deux proportions, et de former ainsi le protoxyde et le deutoxyde de cobalt. Le premier est gris quand il est sec, et bleu à l'état d'hydrate. On l'obtient en versant une solution de potasse dans une dissolution d'hydrochlorate de protoxyde de cobalt. Chauffé doucement, avec le contact de l'air, il passe à l'état de peroxyde noir. Il est composé de 100 de métal et de 27,58 d'oxygène. Le second est noirâtre et perd une partie de son oxygène à une haute température. Il contient 100 de métal et 46,47 d'oxygène. Ceux qu'on emploie ordinairement sont altérés par des substances étrangères.

Ces oxydes donnent une belle couleur bleue au verre et aux porcelaines dont l'intensité varie suivant leur dose. On les emploie aussi lorsque le verre a une teinte jaunâtre. En ce cas, la couleur bleue du cobalt, en s'unissant à la couleur jaune, donne une nuance verte. Cette action, qui est purement mécanique, doit être considérée comme produite par le mélange de ces deux couleurs.

Lorsqu'on veut donner en grand une couleur bleue aux verres, on recourt au *safre*. C'est ainsi qu'on nomme la mine de cobalt que l'on a grillée pour en dégager l'oxyde d'arsenic qu'elle contient; mais cet oxyde n'est jamais pur (1); aussi varie-t-il en couleurs; tantôt il est gris foncé, d'autres fois noirâtre et parfois d'un brun rougeâtre. Ce dernier est plus estimé. Cependant, pour colorer des cristaux de prix ou les pierres précieuses factices, on doit employer l'oxyde pur ou l'azur. Nous allons décrire leur préparation.

Préparation de l'Oxyde noir de Cobalt.

Pour obtenir ce deutoxyde, on prend du cobalt pur de tout métal étranger, qu'on fait dissoudre dans l'acide nitrique étendu d'un peu d'eau, en aidant son action par celle d'une douce chaleur. On verse ensuite cette dissolution dans

(1) Cet oxyde de cobalt contient presque toujours du fer, du nickel et de la silice, particulièrement le safre qui provient de Cologne, de l'Allemagne, de la Prusse, etc.

une grande capsule en verre ou en porcelaine; on l'étend dans une certaine quantité d'eau, et l'on y verse une solution de sous-carbonate de soude, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité; on décante et on lave ce précipité à plusieurs reprises dans l'eau bouillante; on filtre et on le fait sécher soigneusement. En cet état, on le triture dans un mortier de porcelaine avec trois fois son poids de nitrate de potasse bien sec; on verse le mélange dans un creuset chaud, et l'on y plonge un charbon incandescent. Il se produit alors de petites explosions; lorsqu'elles ont cessé, on porte le mélange au rouge; on le retire ensuite; et, lorsqu'il est froid, on le pulvérise, et on lave à plusieurs eaux pour dépouiller l'oxyde de la potasse et du peu de nitrate non décomposé avec lesquels il est uni. Cet oxyde, ainsi préparé, est très-beau et le meilleur que l'on puisse employer pour colorer les pierres précieuses, les émaux, les verres, etc.

Si le cobalt contenait du fer, on ferait dissoudre, dans l'acide hydrochlorique, le précipité obtenu par la décomposition du nitrate de ce métal par le sous-carbonate de soude; il faudrait ensuite précipiter l'oxyde de fer par l'ammoniac, filtrer, concentrer la solution par l'évaporation, et précipiter l'oxyde de cobalt par la potasse caustique. Ce précipité, bien lavé et sec, est alors mêlé avec trois fois son poids de nitrate de potasse, et l'on continue l'opération comme nous venons de l'indiquer.

Préparation de l'Azur.

L'azur est, à proprement parler, un verre coloré en bleu par l'oxyde de cobalt, et réduit ensuite en poudre. Nous donnerons seulement ici une idée de la fabrication de ce produit, nous proposant par la suite d'y revenir avec tous les détails convenables, etc.

On tire le minerai de cobalt, on le broie, on le crible et on le lave sur des tables; en le grillant fortement dans un fourneau a réverbère, le soufre passe à l'état d'acide sulfureux et s'évapore; l'arsenic se sublime à l'état de deutoxyde; enfin, le cobalt et le fer restent sur le sol à l'état d'oxydes. Après cette opération, on crible le minerai grillé, on le réduit en poudre, et l'on en prend une partie que l'on mêle avec deux ou trois fois son poids de sable siliceux et presque autant de potasse; on introduit ce mélange dans un creuset. Par la fusion, on obtient un verre bleu auquel on donne le nom de *smalt;* on jette ce verre tout chaud dans l'eau, on le broie ensuite entre deux meules, et l'on obtient ainsi des poudres plus ou moins fines. Le procédé pour le

préparer consiste à introduire le *smalt* broyé dans des tonneaux remplis d'eau, à les agiter et à décanter l'eau à des intervalles plus ou moins éloignés.

Il est aisé de concevoir que l'azur est d'autant plus bleu qu'il contient plus d'oxyde de cobalt et moins d'oxyde de fer. Le prix en est fort élevé; il varie de 50 à 60 fr. le kilog. Malgré cela, il vaut mieux employer l'oxyde de cobalt, parce que la couleur est plus belle et qu'il ne contient point de fer. Ajoutez à cela que comme l'azur est un verre coloré, il faut, pour la coloration des verres, etc., en employer beaucoup plus que lorsqu'on recourt à l'oxyde pur.

Nous avons indiqué les analyses des deux oxydes de cobalt; il paraît que les chimistes ont varié sur leur composition, puisque le terme moyen de Proust et de Rofhoff donnent les termes suivants :

	Protoxyde.	Deutoxyde.
Cobalt.	84.38	73
Oxygène.	15.62	27
	100.00	100

Mais la véritable composition admise aujourd'hui par tous les chimistes est :

	Protoxyde.	Peroxyde.
Cobalt.	78.68	71.1
Oxygène.	21.32	28.9
	100.00	100.0

OXYDE DE CUIVRE.

M. Bastenaire décrit un procédé très-long et difficile par cette préparation : nous allons en citer deux autres qui sont de la plus grande simplicité, et qui donnent deux oxydes de cuivre :

1° *Oxyde vert*, ou *protoxyde de cuivre*. On prend de la limaille de cuivre, ou rosette, que l'on introduit dans un ballon; on y verse de l'acide nitrique dont on favorise l'action à une très-douce chaleur. Lorsque la dissolution et la saturation sont complètes, on y verse une solution de sous-carbonate de potasse jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de précipité. On recueille ce précipité, on le lave à l'eau bouillante et ensuite à l'eau froide, et on le fait sécher soigneusement. Tout porte à croire que ce n'est point un oxyde, mais un sous-carbonate de cuivre, puisque le protoxyde de ce métal existe dans la nature en poussière rouge, en filets

soyeux rouges, etc., et que celui qu'on obtient en précipitant l'hydrochlorate, acide de cuivre, par la potasse ou la soude, est orangé.

2° *Oxyde noir*, ou *deutoxyde de cuivre*. On peut obtenir le deutoxyde en calcinant le nitrate de cuivre dans un creuset, en desséchant l'oxyde hydraté, précipité de son nitrate par la potasse. Voici le procédé suivi dans les arts : On fait dissoudre le cuivre en limaille dans l'acide nitrique jusqu'à saturation ; on étend cette dissolution d'eau et l'on en précipite l'oxyde par le sous-carbonate de potasse en solution dans l'eau ; l'on filtre et l'on fait bien égoutter le précipité vert que l'on place sur plusieurs doubles de papier de trace, ou sur un lit de craie, pour en absorber l'humidité ; on le dessèche ensuite à une douce chaleur. En cet état, on le calcine dans un creuset et on le jette, encore rouge, dans l'eau froide ; on décante, et on le lave à l'eau bouillante ; on filtre, et on le fait sécher dans une capsule à l'étuve. Cet oxyde est d'un très-beau noir.

L'analyse qui a été faite de ces deux oxydes a démontré qu'ils étaient composés de

	Protoxyde.	Deutoxyde.
Cuivre.	88.78	79.83
Oxygène.	11.22	20.17
	100.00	100.00

L'oxyde de cuivre donne une belle couleur verte : mais il faut pour cela, lorsqu'on l'obtient par la calcination du nitrate de cuivre dans un creuset, ne pas donner un coup de feu trop fort ; car, alors, il ne conserve pas de fixité, et passe tantôt au jaune et tantôt au rouge plus ou moins vif (1). Dans les bonnes verreries, c'est-à-dire dans celles qui font de beaux ouvrages, on prépare souvent la couleur verte avec les oxydes d'antimoine et de cobalt.

OXYDE D'ÉTAIN.

L'étain est susceptible d'absorber l'oxygène en deux pro-

(1) Il nous serait difficile d'expliquer chimiquement le fait. Nous connaissons un tritoxyde de cuivre qui est d'un brun jaunâtre, et qui s'obtient en mettant le deutoxyde de cuivre en contact avec l'eau oxygénée par sept à huit fois son volume de gaz oxygène. Par un coup de feu violent, le deutoxyde passerait-il à l'état de tritoxyde ? Nous serions porté à adopter cette opinion si, dans de pareilles circonstances, ce même oxyde ne donnait une couleur rouge qui, étant celle du protoxyde naturel, semble annoncer au contraire, une désoxygénation.

portions, et de former ainsi deux oxydes différents ; l'un est gris, et l'autre blanc.

1° *Oxyde gris,* ou *protoxyde d'étain.* Il suffit de fondre l'étain avec le contact de l'air, et de lui faire présenter une grande surface qui se couvre bientôt d'une couche terreuse grisâtre qui est le protoxyde de ce métal. Dans les verreries, on le prépare en fondant ce métal sur l'aire concave d'un fourneau de calcination, alimenté avec le bois au moyen des foyers placés aux deux côtés, et en pratiquant un courant d'air sur le métal fondu, qui ne tarde pas à offrir à sa surface une terre grisâtre qu'on repousse vers l'extrémité supérieure du fourneau; et, lorsqu'on a oxydé peu à peu ce métal, ce qui a lieu au bout de douze à dix-huit heures, suivant la quantité, on le conserve dans de grandes jarres, ou dans des barriques.

2° *Oxyde blanc,* ou *deutoxyde d'étain.* On fait fondre l'étain fin et on le coule en grenailles qu'on introduit ensuite dans un grand matras, et l'on y verse de l'acide nitrique concentré qui attaque promptement ce métal à froid avec une grande effervescence, due à de l'azote et au deutoxyde de ce gaz, produit par la décomposition de l'acide nitrique. Pendant cette action, il se dépose au fond du matras une substance blanche floconneuse qui est le deutoxyde d'étain ; on peut, en ajoutant successivement d'acide et de grenaille fine d'étain, remplir presque en entier le ballon. L'opération étant terminée, on verse de l'eau dans le ballon, l'on fait sortir le tout ; on décante la liqueur, on lave l'oxyde à l'eau bouillante et ensuite à l'eau froide, et on le fait sécher à une douce chaleur. On trouve aussi dans la nature ce deutoxyde; il en existe plusieurs mines en Angleterre, en Bohême, en Espagne, en Saxe, etc.; en France, on n'en trouve que quelques traces. Ce deutoxyde natif est quelquefois en cristaux, ordinairement en prismes à quatre pans, diversement coloré par l'oxyde de fer. Il fait feu avec le briquet. C'est de ces mines que l'on extrait presque tout l'étain que nous employons. Celui qui est produit par l'art est d'un beau blanc, fusible, insoluble dans l'eau, indécomposable par le calorique et décomposable par le fluide électrique.

Ces deux oxydes sont composés de

	Protoxyde (gris).	Deutoxyde (blanc).
Etain.	88.06	78.62
Oxygène.	11.94	21.38
	100.00	100.00

Il est bon de faire observer que la liqueur qu'on a décantée de dessus le deutoxyde d'étain est ordinairement jetée; cependant, elle contient encore du deutoxyde ; il suffit de la concentrer par l'évaporation, pour en opérer la précipitation.

L'oxyde d'étain est employé, dans les verreries, pour donner de l'opacité aux verres. Quand ces objets ne sont pas d'un grand prix, on recourt à l'oxyde gris (protoxyde d'étain); lorsque c'est, au contraire, pour des verreries de luxe, tels que des vases d'ornement, des cristaux recherchés, etc., on donne, avec juste raison, la préférence au deutoxyde d'étain.

OXYDE DE FER.

Le fer est susceptible de s'unir avec l'oxygène en trois portions, et de former trois oxydes; le protoxyde est blanc et n'est point employe dans la verrerie ; il n'y a que les deux suivants :

1° *Deutoxyde de fer, oxyde noir, éthiops martial.* Cet oxyde existe dans la nature en grande quantité ; il est le plus souvent en masses informes, à cassure grenue ou écailleuse, sous forme terreuse, et quelquefois en gros cristaux octaédriques ou dodécaédriques. Les mines d'aimant sont à l'état de deutoxyde. Une partie du fer qu'on emploie est extraite des mines de cet oxyde qu'on trouve abondamment en divers lieux.

Dans les verreries, on emploie quelquefois les battitures de fer; mais cet oxyde est très-impur. On l'obtient dans un grand état de pureté : 1° en tenant pendant longtemps de la limaille de fer dans de l'eau tiède, et l'agitant de temps en temps; 2° en faisant passer de la vapeur d'eau dans un tube de porcelaine porté au rouge cerise et contenant du fil-de-fer bien fin et bien décapé : l'eau est décomposée ; le fer s'oxyde aux dépens de son oxygène, et il se dégage de l'hydrogène; 3° on peut l'obtenir aussi en calcinant le fer dans un fourneau à réverbère ; il prend une couleur rouge brun et passe au noir foncé. Cet oxyde n'éprouve aucune action de la part du calorique, quoique fusible ; il est magnétique, insoluble dans l'eau, réductible par la pile, et absorbe l'oxygène et l'acide carbonique de l'air. Cet oxyde, uni avec les oxydes de cobalt, de cuivre et de magnésie, sert à donner aux verres une belle couleur noire.

2° *Tritoxyde de fer, oxyde rouge, colcotar, safran de mars astringent.* Ce tritoxyde est en masses, en filons et en couches, uni tantôt avec l'argile, la silice et le carbonate de

chaux. Il est le principe colorant de plusieurs ocres, du brun rouge, de la sanguine, etc. On le prépare en calcinant, dans un vase ouvert, de la limaille de fer, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une couleur rouge. Le procédé le plus suivi dans les fabriques consiste à réduire le sulfate de fer en poudre, à le chauffer sous un moufle, et à calciner la poudre grise qu'on obtient dans un bon creuset, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une belle couleur rouge qu'on jette encore chaude dans une bassine remplie d'eau froide pour dissoudre le sulfate de fer non décomposé. On décante ce liquide et on lave, à plusieurs reprises, le précipité dans l'eau chaude; on filtre et l'on fait chauffer soigneusement le précipité que l'on conserve à l'abri de l'humidité.

Cet oxyde ne peut être employé que pour la peinture en rouge sur verre, et non comme principe constituant des matières vitreuses, parce que cette couleur n'est pas fixe et qu'elle passe au jaune sale, si l'on donne un coup de feu trop vif ou que l'on emploie trop de fondant.

Le deutoxyde et le tritoxyde sont composés de

	Protoxyde de fer (noir).	Peroxyde (rouge).
Fer.	77.23	69.34
Oxygène. . . .	22.77	30.66
	100.00	100.00

OXYDE DE MANGANÈSE.

Le manganèse est susceptible d'absorber divers degrés d'oxygène : aussi admet-on quatre de ces oxydes :

1° Le protoxyde est blanc, à l'état d'hydrate; il n'existe naturellement qu'uni à l'acide carbonique et probablement à la silice;

2° Le deutoxyde est brun rouge; il ne se trouve qu'à l'état de silicate, c'est-à-dire à l'état de combinaison avec la silice;

3° Le tritoxyde pur est brun noirâtre; il existe à l'état natif et uni à l'eau. Aussi les minéralogistes l'ont-ils classé parmi les hydrates (1), et les chimistes y ont-ils trouvé 0,10 d'eau;

4° Le peroxyde est brun, noirâtre et terne; comme c'est le seul qui est employé dans la verrerie, ce sera aussi celui dont nous traiterons uniquement.

(1) Voyez le *Manuel de Minéralogie*.

Composition de ces quatre oxydes.

	Protoxyde.	Deutoxyde.	Sesquioxyde.	Peroxyde.
Manganèse.	78.16 ...	72.75 ...	70.34 ...	64.01
Oxygène. .	21.94 ...	27.25 ...	29.66 ...	35.99
	100.00	100.00	100.00	100.00

PEROXYDE DE MANGANÈSE.

Cet oxyde se trouve fréquemment dans les terrains primitifs, et les intermédiaires, tant dans les dépôts qui se rattachent à l'*euphotide* que dans les roches arénacées ou schisteuses. Dans plusieurs endroits, il repose sur le granit ou les roches anciennes; mais, comme il est recouvert de matières argileuses et quartzeuses, il est difficile de déterminer à quel âge il appartient. Ce peroxyde se trouve dans la nature sous divers états :

1° En cristaux qui dérivent d'un prisme rhomboïdal droit de 100° et 80°; ils ont l'aspect métallique et donnent une poudre noire. Ces prismes sont très-souvent modifiés sur les arêtes latérales, ayant parfois des sommets dièdres ou tétraèdres.

2° *Mamelonné*, *stalactitique*, *bacillaire*, *fibreux*, à fibres divergentes ou entrelacées, *compacte*, etc.

3° *Terreux*, en masses informes, d'un brun noirâtre; il est terne, peu consistant, réductible par l'électricité, et passant, à une haute température, à l'état de deutoxyde. Mis en contact avec l'eau oxygénée concentrée, il en opère de suite la désoxygénation avec un dégagement considérable de calorique. Si cette eau ne contient que neuf fois son volume d'oxygène, l'action est encore assez vive. Ces propriétés sont communes à toutes les variétés de ce peroxyde. Je dois ajouter que j'en ai trouvé une variété dans les Pyrénées, que M. Bouis, qui l'y a également rencontrée, a analysée; elle contient :

Peroxyde de manganèse.	47.82
Hydrate de manganèse.	30
Deutoxyde de fer.	3
Matière siliceuse.	17
Acide fluorique.	0.75
Chaux, quantité indéterminée.	

Tout porte à croire que la chaux saturait l'acide fluorique. Nous avons cru devoir signaler cette variété, parce que nous la croyons peu propre au blanchiment du verre.

Nous ne nous occuperons ici que de l'application du manganèse à la verrerie. Cet oxyde joue un rôle principal dans cette fabrication. Il est considéré, avec juste raison, comme le meilleur agent que l'on puisse employer pour *purger* le verre qui a contracté par la fusion une mauvaise teinte due à la présence d'un corps étranger : c'est pour cela que, dans les fabriques, on l'appelle *savon des verriers*. En effet, par ce moyen, le verre perd sa couleur et devient plus ou moins blanc, suivant la dose qu'on en emploie; mais si cette dose est trop forte, il imprime au verre une couleur violette. Aussi emploie-t-on cette méthode pour donner diverses teintes de violet plus ou moins riches à certains verres, et notamment aux pierres précieuses. Si l'on ajoute à cet oxyde du précipité pourpre de Cassius, on obtient une belle couleur rouge de grenat. Si ce précipité contient un léger excès d'étain, la couleur violette est très-brillante et très-riche; enfin, elle tend d'autant plus au rose pourpre que le précipité contient moins d'étain.

C'est principalement vers la fin du travail des fontes que les verriers y introduisent le manganèse, parce qu'alors, dit M. Bastenaire, quelques matières charbonneuses peuvent s'y être introduites par les manipulations que le verre a subies. Voici comment on opère : Aussitôt que les ouvriers aperçoivent la teinte jaune que la matière en fusion a contractée, ils y jettent suffisante quantité de peroxyde de manganèse en poudre fine qui la fait disparaître complètement. Mais, si l'on a employé un excès de manganèse, la fonte prend une couleur violette que l'on détruit en y ajoutant du charbon en poudre. On voit qu'il existe ici une réciprocité décolorante, puisqu'il est bien démontré que si le manganèse enlève les couleurs produites par les matières charbonneuses, le charbon, à son tour, enlève la teinte violette que ce peroxyde communique au verre. Voici la manière dont M. Bastenaire explique cette double décoloration :

« L'oxyde du manganèse ne donne de couleur à la masse qu'autant que son oxygène est séparé de sa base; il arrive que, lorsqu'on introduit l'oxyde en petite quantité dans le verre en fusion, tout son oxygène peut suffire à la décomposition de la couleur, de sorte que la base, n'étant pas unie à l'oxygène, entre en fusion avec les parties vitrifiables et en devient partie constituante. Mais si l'oxyde de manganèse est en excès, il arrive que tout l'oxygène de l'oxyde ne pouvant

être employé (vu sa quantité) à la décoloration, il en reste d'uni avec la base, et de là la couleur violette, parce que l'oxyde de manganèse ne peut entrer en fusion tant qu'il se trouve en présence de l'oxygène. Il faut, pour l'en priver, le mettre en contact avec un corps pour lequel l'oxygène ait plus d'affinité qu'avec le métal; alors la couleur violette disparaîtra sur-le-champ. Le charbon remplit très-bien cet objet. »

Nous avouons qu'il nous est impossible d'expliquer les contradictions qui existent dans ce passage de M. Bastenaire, et nous ne concevons pas comment *l'oxyde de manganèse ne donne de couleur à la masse qu'autant que son oxygène est séparé de sa base*, tandis qu'il avance plus bas un fait contraire, quand il dit que lorsqu'il y a excès d'oxyde il reste d'oxygène uni avec la base, et de là la couleur violette, parce que, dit-il, l'oxyde de manganèse ne peut entrer en fusion tant qu'il se trouve en présence de l'oxygène. Il est évident, d'après cette citation, que l'oxygène serait en même temps le principe colorant et l'agent décolorant, ce qui est impossible. Il est plus naturel de croire que si le peroxyde de manganèse est désoxydé par les matières charbonneuses, l'excès d'oxyde que l'on peut avoir employé, ne se trouvant en présence d'aucun corps combustible qui ait plus d'affinité avec l'oxygène que sa base métallique, n'éprouve d'autre effet que celui de passer à l'état de deutoxyde en s'unissant avec la silice pour former un silicate de manganèse tel qu'on le trouve dans la nature, et qui est d'un rouge brun tirant sur le violet, lequel, en se disséminant dans la masse fondue, lui communique sa couleur. Il est donc certain qu'en y ajoutant du charbon en poudre, le combustible s'emparera de l'oxygène de l'oxyde, passera à l'état d'acide carbonique, et le métal réduit entrera en fusion dans la masse vitreuse. Dans quelques fabriques, on y ajoute du soufre; alors il se convertit en acide sulfureux. D'autres fabricants recourent aux oxydes d'étain et d'arsenic. Ces substances forment alors des composés nouveaux, etc.

Nous admettons, avec M. Bastenaire, que c'est à la désoxygénation de l'oxyde de manganèse, dont l'oxygène détruit la partie colorante du verre, que cette décoloration est due. Si l'action du carbone, du soufre, etc., sur le verre coloré par cet oxyde, ne suffisait pas pour le démontrer, nous dirions qu'il suffit de rendre l'oxygène au métal réduit pour rendre au verre décoloré sa couleur violette. En effet, il ne faut que projeter la plus petite quantité de nitrate de potasse (sel de nitre) dans le creuset pour opérer cet effet. Dans ce

cas, l'acide nitrique du nitrate de potasse est décomposé, et une partie de son oxygène se porte sur le manganèse qui s'oxyde, et forme un silicate violet avec la silice, tandis que l'autre se dégage à l'état de deutoxyde d'azote. Voilà pourquoi les fabricants ne doivent jamais employer le salpêtre ou le sel de nitre au lieu de potasse dans les verres où l'on aura ajouté de l'oxyde de manganèse.

Il arrive parfois que, lorsque les creusets sont, comme on dit, sur la fin, le verre prend une teinte violette ; c'est alors le moment d'y projeter le charbon.

On doit choisir, autant que possible, le manganèse le plus pur, tel que celui qui est en cristaux. Mais comme c'est le plus rare, on se sert de celui qui est compacte ou terreux. On enlève soigneusement les substances étrangères qu'il peut contenir, on le calcine ensuite dans un creuset jusqu'à ce qu'il ait pris une couleur d'un noir terne; on le réduit ensuite plus facilement en poudre ; on le passe au tamis, et on le conserve dans des barriques.

OXYDE D'OR.

On connaît deux oxydes d'or, qui sont le protoxyde et le deutoxyde.

1° *Protoxyde d'or.* Berzélius a annoncé l'existence de ce protoxyde qui, suivant lui, reste combiné avec l'acide hydrochlorique, quand on fait évaporer la dissolution de l'or à siccité, et qu'on chauffe ce sel jusqu'à ce qu'il ne dégage plus de chlore. Cet oxyde contient

Or.	96.13
Oxygène.	3.87
	100.00

2° *Deutoxyde d'or.* Il est brun à l'état de siccité; à celui d'hydrate, il est jaune rougeâtre; il est insoluble dans l'eau, et réductible par le calorique. Cet oxyde s'unit difficilement aux acides, et semble jouer lui-même le rôle d'acide avec les alcalis. Il s'unit par la fusion aux terres vitrifiables, aux émaux, etc., et les colore en violet, en pourpre, en rouge de rubis et en jaune de topaze, suivant la manière de le préparer et le degré de feu que l'on emploie. Il paraît que dans la couleur topaze, le métal est totalement réduit.

On prépare cet oxyde en précipitant l'hydrochlorate d'or par la magnésie en excès, en lavant le précipité avec l'acide nitrique affaibli, afin d'en séparer la magnésie, lavant ensuite à

l'eau froide, faisant sécher cet oxyde, et le conservant à l'abri du contact de la lumière. Le deutoxyde d'or est composé de

Or	89.23
Oxygène	10.77
	100.00

Mais il est une autre combinaison aurifique qui est bien plus employée pour la coloration des pierres précieuses, des émaux, des porcelaines, etc., c'est le pourpre de Cassius dont nous allons décrire la préparation.

POURPRE DE CASSIUS.

Cette préparation tire son nom de celui de son inventeur. Proust pensait que l'or y existait à l'état métallique ; le plus grand nombre de chimistes n'ont point partagé son opinion, et ils ont persisté à regarder cette composition comme un composé d'oxyde d'or et d'étain.

Pour obtenir le pourpre de Cassius, on prend l'étain le plus pur, tel que celui de Melac ; on le réduit en feuilles minces, en le battant sur une enclume entre deux feuilles de papier. D'autre part, on se procure de l'or à vingt-quatre karats, que l'on réduit également en feuilles très-minces et coupées par morceaux. Cela fait, on prépare l'eau régale de la manière suivante : on verse dans un matras

Acide nitrique pur	4
Acide hydrochlorique	1

Dans l'union de ces deux acides, il se produit une réaction partielle ; un peu d'acide hydrochlorique est décomposé, il y a du chlore mis à nu, et l'hydrogène s'unissant à l'oxygène d'une petite partie d'acide nitrique, forme de l'eau, tandis que l'acide nitreux qui s'est produit, reste en dissolution dans la liqueur avec presque tout le chlore. C'est ce composé qu'on nommait jadis *eau régale*, et maintenant acide hydrochloronitrique. On varie parfois les proportions de ces deux acides.

Pour faire dissoudre l'or, on verse l'eau régale dans un grand matras, qu'on a placé sur un bain de sable chaud, et l'on y projette l'or peu à peu jusqu'à ce que l'acide ne puisse plus en dissoudre ; pour l'ordinaire huit parties de cet acide en dissolvent une d'or. On laisse la liqueur en repos pendant quelques heures.

D'autre part, on prépare, pour la dissolution de l'étain, l'eau régale suivante :

Acide nitrique..	6
Acide hydrochlorique.	1
Eau distillée.	4

On met cet acide dans un matras, et l'on n'y introduit que peu à peu des petits morceaux de feuilles d'étain de 18 à 20 millim. (8 à 9 lignes) carrés chaque dix à douze heures. L'on continue jusqu'à ce que l'acide en soit saturé. Ce métal devient noir, se réduit en fragments, se dissout au bout de quelque temps, et dépose une poudre noire au fond de la bouteille. Dix à douze heures après, on en met une nouvelle feuille, et l'on continue ainsi pendant dix jours. On s'aperçoit qu'alors la liqueur a acquis une couleur jaunâtre ; on la filtre pour en séparer cette poudre noirâtre de la liqueur, que l'on conserve dans un flacon bouché à l'émeri. (1)

Une fois que l'on a préparé ces deux dissolutions, il semble qu'il n'y a qu'à les mêler pour obtenir le pourpre de Cassius ; cependant cette préparation est très-délicate, et exige beaucoup d'adresse. Voici la manière de l'opérer, telle qu'elle est décrite, sauf quelques changements, dans le *Manuel du Porcelainier*. On verse 60 gram. d'eau distillée dans un verre ; l'on prend ensuite un tube de verre d'un large diamètre, dont une des extrémités a été tirée en pointe, et l'autre arrondie au chalumeau. On trempe le tube, par la pointe, dans la dissolution d'or, à une hauteur que l'on a soin de marquer avec un fil ; on le plonge de suite dans l'eau distillée du verre dans laquelle on l'agite, afin d'y déposer la dissolution d'or qu'il a entraînée. On enfonce ensuite l'extrémité arrondie dans la dissolution d'étain à une profondeur égale à celle à laquelle on a plongé l'extrémité effilée, et on la porte dans la même eau, où on l'agite également ; on nettoie le tube, et dès qu'on voit que la liqueur devient rouge, on remet encore de la dissolution d'or, et deux fois autant de celle d'étain que les premières fois.

On peut rendre cette opération plus simple en prenant un

(1) Il n'est pas inutile de rappeler que cette dissolution d'étain perd, dans trois semaines ou un mois, suivant que le temps est plus ou moins chaud, la propriété de précipiter l'or en rouge, et qu'on parvient à la lui rendre en y ajoutant la même quantité de feuilles d'étain qu'au commencement pour que, vingt-quatre heures après, elle en jouisse encore. Il paraît que cela tient à ce que la plus grande partie de l'oxyde d'étain s'est précipitée. Cette note, ainsi que plusieurs articles, ont été donnés par nous dans le *Manuel du Porcelainier*, de l'*Encyclopédie-Roret*.

grand vase de verre, que l'on remplit, aux trois quarts, d'eau distillée; en supposant qu'il contienne deux litres d'eau, on y verse depuis trente jusqu'à trente-six gouttes de dissolution d'or, et l'on remue la liqueur avec une baguette de verre; l'on y verse ensuite goutte à goutte, en remuant chaque fois la liqueur, de la dissolution d'étain jusqu'à ce que le liquide prenne une couleur rouge foncé vineux. On n'outre-passe pas ce point, parce qu'on n'obtiendrait qu'un pourpre violet à cause de l'excès d'étain qui s'y trouverait. Il faut ordinairement de vingt à vingt-quatre gouttes de sel d'étain pour bien réussir.

On verse alors la liqueur pourpre dans un grand vase de verre ou de porcelaine, et l'on prépare de nouvelle liqueur pourpre. Lorsque toute la dissolution d'or est épuisée, et qu'on a réuni toutes les liqueurs qu'on en a obtenues, on la laisse déposer pendant vingt-quatre heures (1); alors on décante la liqueur qui doit être très-claire; l'on y ajoute successivement jusqu'à six fois de nouvelles eaux que l'on décante également dès qu'elles sont claires, et l'on fait sécher, à l'ombre, le précipité dans une capsule de porcelaine. En cet état, cette poudre est d'un pourpre noirâtre; on la broie sur une glace en y ajoutant de temps en temps un peu d'eau; lorsqu'elle est bien broyée, et qu'elle a été séchée soigneusement à l'ombre, on la conserve dans un flacon bouché à l'émeri, à l'abri du contact de la lumière.

On peut obtenir diverses nuances de pourpre; ainsi, comme nous l'avons déjà dit, si l'on ajoute plus de dissolution d'étain qu'il n'en faut, le précipité est d'un violet foncé. Lorsqu'on se propose d'avoir un pourpre tirant sur le noir, on met dans 60 gram. d'eau distillée, la quantité de dissolution d'or suffisante pour lui donner une teinte dorée, et l'on y suspend, pendant douze ou treize jours, au moyen d'un fil, un morceau d'une composition dite *antimoine jovial* (2), qu'on a soin d'essuyer de temps en temps. Au bout de ce temps on verse la liqueur dans un grand vase d'eau, que l'on décante dès qu'elle est devenue claire. On lave ensuite le précipité à plusieurs eaux.

Il est aussi bien reconnu que si l'on emploie les dissolutions concentrées d'or et d'étain, le précipité est de l'or à

(1) Il y a des fabricants qui, pour activer la précipitation du pourpre de Cossios, introduisent dans cette eau deux ou trois pincées de chlorure de sodium (sel marin). D'autres y ajoutent de l'urine fraîche; il en est enfin qui recourent à une dissolution de phosphore. Nous rejetterons tous ces moyens comme inutiles; il est plus convenable d'attendre que ce précipité se dépose sans aucune addition.

(2) Cette composition se fait avec trois parties d'étain et deux d'antimoine pur.

l'état métallique; si, au contraire, elles sont étendues de beaucoup d'eau, quand bien même elles seraient très-acides, le précipité est pourpre ou pourpre rosé, quand l'hydrochlorate d'or est en excès, et pourpre violet, si celui d'étain prédomine. L'intensité de ces couleurs, pourpre rosé et pourpre violet, est relative à la plus ou moins grande quantité de l'un ou de l'autre des hydrochlorates employés.

Nous ne chercherons point à expliquer ce qui se passe dans la réaction qui a lieu entre les hydrochlorates d'or et d'étain. Elle n'a fait encore l'objet des recherches, à ce que nous croyons, d'aucun chimiste. M. Cassola, professeur de chimie à Naples, a communiqué un procédé pour la préparation du pourpre de Cassius, qui est plus expéditif, et dont les effets sont beaucoup plus constants. Nous allons le faire connaître.

Procédé pour préparer le pourpre de Cassius.

On prépare l'hydrochlorate d'or par le procédé ordinaire; d'autre part, on fait digérer du vinaigre pur sur de la limaille d'étain pendant deux ou trois jours, et l'on filtre la solution d'acétate de protoxyde d'étain obtenue; on prend alors la solution d'hydrochlorate d'or, qu'on étend dans quatre à cinq fois son poids d'eau, et on y verse peu à peu de la solution d'acétate d'étain jusqu'à ce qu'il se produise un précipité pourpre. On lave ensuite ce précipité comme nous l'avons déjà dit.

M. Cassola a obtenu les mêmes résultats en employant une solution de protonitrate d'étain faite avec une partie d'acide nitrique concentré, étendu de quinze parties d'eau et la limaille d'étain. Il ne faut employer ce protonitrate qu'après que l'acide a été en contact pendant deux jours avec l'étain. L'on doit mêler à froid cette dissolution avec celle d'or, et le précipité pourpre se produit comme le précédent, sans que l'un ni l'autre aient jamais une couleur noirâtre. M. Cassola donne cependant la préférence à l'acétate d'étain. Ce chimiste a employé aussi le protosulfate d'étain très-étendu qui lui a donné les mêmes résultats, mais avec cette différence qu'un excès de protosulfate donne au précipité la même couleur que celle que produit trop d'hydrochlorate d'étain.

MM. Proust et Oberkampf ont analysé plusieurs précipités de pourpre. Le premier chimiste y admet

Oxyde d'étain au maximum.	76
Or à l'état métallique.	24
	100

	Beau pourpre.	Pourpre bleu violet.
Oxyde d'étain.	20.58 . . .	60.18
Oxyde d'or.	79.42 . . .	39.82
	100.00	100.00

Il est des fabricants qui, pour donner une teinte rubis, au lieu d'employer le pourpre de Cassius, recourent à l'eau rouge qu'ils versent sur les matières qu'ils veulent colorer et qu'ils mélangent bien avant de les enfourner. Ils assurent que, par ce moyen, le principe colorant est disséminé d'une manière plus uniforme dans toute la masse.

Au reste nous reviendrons sur ce sujet à l'occasion des verres colorés.

OR FULMINANT.

On prépare l'or fulminant en versant de l'ammoniac liquide dans une dissolution d'hydrochlorate d'or; il se forme aussitôt des flocons jaunes ; on filtre, on lave à plusieurs eaux, et on les fait sécher à une très-douce chaleur.

L'or fulminant est inodore, insipide, ne s'altérant point avec le temps, détonnant par le frottement, lorsqu'il est bien sec. Si on l'expose à une température élevée, il se produit une forte détonnation ; il y a formation et dégagement d'eau et de gaz azote, et l'or se trouve réduit.

Dans les verreries, on emploie l'or fulminant pour les couleurs roses. Pour cela, on le broie sur une glace avec un excès d'huile grasse de térébenthine qui lui enlève sa propriété détonnante ; on y ajoute son poids égal de cristal très-blanc et en poudre très-fine; on continue à broyer ce mélange avec une molette en verre ; on le fait ensuite sécher à l'abri de la poussière.

C'est cette poudre que l'on mêle aux substances vitreuses, auxquelles on veut donner une superbe couleur rose, avant de les verser dans le creuset. Il est inutile de faire observer que cette couleur rose sera d'autant plus forte que l'on aura employé davantage de cette poudre.

OXYDES DE PLOMB.

Le plomb est susceptible de former deux oxydes divers :

1° Le *protoxyde*. Jaune, fusible au rouge naissant, et se convertissant par le refroidissement en lames vitreuses. C'est ce qui est connu dans le commerce sous le nom de *massicot*, qui forme la principale partie des litharges. Cet oxyde, fondu, attaque le creuset au point de le percer, absorbe l'oxygène de l'air, et passe à l'état de tritoxyde ; à froid il s'empare de l'acide carbonique de l'air.

La litharge du commerce s'obtient par la calcination des mines de plomb argentifère ; par ce moyen, ce métal s'oxyde et l'argent reste à nu.

2° Le *minium* est un composé de protoxyde et de peroxyde d'un assez beau rouge; il n'exerce aucune action ni sur l'air ni sur le gaz oxygène; au rouge cerise il se convertit en protoxyde et entre en fusion. On le prépare en calcinant le plomb ou la litharge dans un fourneau à réverbère. Quand le plomb est fondu et oxydé, il donne par le refroidissement, du *massicot*, qu'on réduit en poudre et calcine dans le même fourneau pendant environ un jour et demi, ou jusqu'à ce qu'il ait acquis une couleur rouge : on doit avoir soin d'agiter continuellement cet oxyde, pendant l'action combinée de l'air et du feu.

3° *Peroxyde*. Couleur puce. Il a pour caractère particulier d'enflammer le soufre lorsqu'on les triture ensemble. Ces oxydes sont composés de

	Protoxyde.	Peroxyde.
Plomb.	92.83	86.62
Oxygène.	7.17	13.38
	100.00	100.00

M. Houtou-Labillardière, professeur de chimie appliquée aux arts, de Rouen, a lu à l'Académie royale des Sciences de cette ville un travail sur le minium, assez curieux, que nous allons faire connaître. Cette matière, d'après Berzélius, est composée de 100 parties de plomb et de 11,587 d'oxygène, ou de protoxyde de plomb partie, et d'oxyde puce partie, qui, en somme, contiennent la même quantité d'oxygène et de métal. M. Longchamp a publié dans le tome XXXIV des *Annales de Chimie et de Physique*, des observations sur le nombre des oxydes de plomb et sur la composition du minium, auquel il a assigné cinq parties de protoxyde de plomb, et une partie d'oxyde puce. M. Houtou-Labillardière n'a point cherché dans son mémoire à attaquer les analyses de ces deux chimistes, mais à concilier les énormes différences qu'on y observe. En conséquence, il s'est procuré du minium cristallisé en petites paillettes, qui, dans cet état, ne laisse aucun doute sur sa pureté; il avait été formé très-lentement dans les cavités d'un four qui servait à cette préparation. Analysée par l'acide nitrique, cette matière lui a donné sensiblement le quart de son poids d'oxyde puce de plomb, et trois quarts de protoxyde. Ce résultat, qui ne coïncide pas avec ceux de M. Berzélius ni de M. Longchamp,

se rapproche cependant beaucoup plus de celui de ce dernier. En comparant les oxydes de plomb formant le minium, d'après Berzélius, qui est de 1 de protoxyde et 1 d'oxyde puce, on voit que dans le minium que M. Houtou-Labillardière a analysé, il y a précisément la moitié moins d'oxyde puce que dans celui de M. Berzélius, d'où il conclut qu'il existe deux miniums rouges de plomb, l'un formé, d'après le célèbre chimiste suédois, de

Protoxyde de plomb.	1	ou	Plomb. .	100
Oxyde puce.	1		Oxygène.	11.587

et l'autre, le minium cristallisé, de

Protoxyde de plomb.	3	ou	Plomb. .	100
Oxyde puce.	1		Oxygène.	9.65

Le minium et la litharge sont très-employés dans la verrerie pour fabriquer le cristal et le *flint-glass*, qui est un cristal beaucoup plus pur, dont on doit la première idée aux Anglais. Le verre, dans la composition duquel le minium entre, est plus beau, plus pesant, plus doux, plus facile à tailler, plus susceptible d'éprouver, sans se casser, les alternatives du chaud et du froid, enfin, il jouit de la propriété de réfracter la lumière avec beaucoup d'éclat : c'est en raison de cette même propriété qu'il entre dans la composition des cristaux. Il est des proportions de cette matière qu'il ne faut pas cependant dépasser, parce qu'elle donne à la masse vitreuse une nuance jaune pâle qu'on ne lui enlève que par l'action soutenue du calorique.

La silice est susceptible d'entrer en fusion avec l'oxyde de plomb, en quelque proportion que ce soit; mais le verre qu'on en obtient, quoique insoluble dans l'eau, ne manque pas de se ternir en l'exposant pendant quelque temps à l'air. En parlant de l'action de hautes températures sur les oxydes de plomb, nous avons vu que le minium se convertissait en protoxyde; c'est dans cet état qu'il paraît qu'il s'unit à la silice pour former un silicate de plomb.

QUATRIÈME SECTION.

ACIDES.

On donne ce nom à des corps composés qui ont une saveur plus ou moins aigre, rougissent la plupart des couleurs bleues végétales, se combinent avec les bases salifiables et avec presque tous les oxydes métalliques pour former une classe de corps connus sous le nom de *sels*. Les chimistes les ont divisés en *oxacides* et *hydracides*. Les premiers sont le

produit de la combinaison de certains corps avec l'oxygène, et les autres, de l'union d'une autre classe de corps avec l'hydrogène. Il est cependant des corps qui peuvent s'unir soit avec l'oxygène, soit avec l'hydrogène, et qui forment alternativement des oxacides ou des hydracides. Il en est enfin qui, en s'unissant entre eux et sans addition d'oxygène ni d'hydrogène, produisent aussi des acides.

Dans les opérations de la verrerie, on emploie principalement les acides:

Hydrochlorique, ou acide muriatique, esprit de sel, acide chlorhydrique.

Nitrique, ou eau-forte, esprit de nitre, soude azotique.

Sulfurique, huile de vitriol, esprit de soufre.

Ces acides sont trop connus pour avoir besoin d'être décrits ici; nous allons nous borner à présenter les trois suivants :

ACIDE BORIQUE.

Découvert en 1702 par Homberg, qui lui donna le nom de *sel sédatif*. Il est solide, en petites lames minces, d'un blanc argentin, inodore, d'une saveur acidule, mêlée d'un peu d'amertume et d'une pointe de fraîcheur, qui fait place à une saveur sucrée; il rougit faiblement la teinture de tournesol; par l'action du calorique il se fond sans se volatiser; il est peu soluble dans l'eau, et composé de

Bore.	25.83
Oxygène.	74.17
	100.00

Cet acide est fourni aujourd'hui en très-grande abondance par les lagoni de la Toscane, et sert à fabriquer de toutes pièces le borax.

ACIDE CHROMIQUE.

Découvert par M. Vauquelin en 1757. Il est solide, d'une saveur âcre et styptique, d'un rouge pourpre, assez beau, soluble dans l'eau, et lui communiquant sa couleur, cristallisant en prismes à quatre pans, rougissant la teinture de tournesol, et dissolvant l'or lorsqu'il est uni à l'acide nitrique. Le rubis spinelle lui doit sa couleur. On l'extrait du chromate de fer en le traitant, dans un creuset porté au rouge, par le nitrate de potasse, etc. Il est composé de

Chrome.	53.98
Oxygène.	46.02
	100.00

ACIDE FLUORIQUE.

Découvert, uni à un peu de silice, par Scheele, et à l'état de pureté par MM. Gay-Lussac et Thenard. Les chimistes le regardent comme formé par le fluor ou pthore et l'hydrogène, cet acide est liquide, blanc, très-odorant, fumant, d'une saveur très-vive; il est si corrosif que, mis en contact avec la peau, il la désorganise avec une vive douleur. A — 40 il ne se congèle pas; il bout à + 30; il se dissout dans l'eau avec dégagement de calorique. Un caractère bien distinctif de cet acide, c'est qu'il attaque le verre avec la plus grande énergie; ce qui le fait employer avec succès dans la gravure sur verre. On le conserve dans des vases de plomb ou d'argent.

CINQUIÈME SECTION.

SELS.

On donne ce nom à des composés d'un acide avec une ou plusieurs bases salifiables. Sous ce dernier nom on comprend les oxydes métalliques, l'ammoniac, et quelques composés végétaux. Quand, dans ces combinaisons, la saturation est complète, c'est-à-dire que ni l'acide ou les bases salifiables ne manifestent aucune de leurs propriétés, les sels sont appelés *neutres;* ils sont, au contraire, connus sous les noms de *sels acides* ou *sur-sels*, et de *sous-sels*, quand l'acide ou la base prédomine, et que la saturation, par conséquent, n'est pas complète.

Nous allons maintenant dire un mot des sels qui sont employés dans la fabrication des verres, cristaux, etc.

BORAX.

Sous-Borate de Soude, Chrysocolle, Tinkal, Pounxa, Mipoux, etc.

L'Arabe Gebert est le premier qui, dans le neuvième siècle, ait fait mention, du borax. On a d'abord extrait ce sel de l'Inde des eaux de quelques lacs : on le trouve aussi dans ceux de la Basse-Saxe, de l'île de Ceylan, dans la Tartarie méridionale, au Pérou, dans les mines d'Escapa, en Transylvanie , etc.

Le borax, extrait de ces divers lieux, est bien loin d'être pur; il est ordinairement en prismes hexaèdres, plus ou moins aplatis, incolores, ou bien jaunâtres ou verdâtres, couverts d'une croûte terreuse, grasse au toucher. On puri-

fie le sous-borate de soude par divers procédés, qu'il serait trop long d'exposer ici : nous nous contenterons de dire qu'à l'état de pureté il est blanc, en beaux prismes hexaèdres, d'une grosseur qui est quelquefois telle, qu'à l'exposition de 1823 nous en avons vu un cristal qui pesait plus d'un kilog. Le borax a une saveur alcaline, verdit le sirop de violette, s'effleurit à l'air, éprouve la fusion aqueuse, se dessèche, se fond de nouveau à + 320°, et se vitrifie ; il est insoluble dans dix-huit fois son poids d'eau à 15°; poids spécifique, 1,74 ; composition, d'après Kirwan :

Acide borique.	34
Soude.	17
Eau de cristallisation.	47

On le prépare maintenant de toutes pièces dans plusieurs fabriques de produits chimiques, avec l'acide borique qu'on tire de la Toscane.

CHROMATE DE PLOMB.

Ce jaune est très-riche et très-brillant, lorsque le chromate de plomb est à l'état neutre; mais il tire à l'orangé lorsqu'il est à l'état de sous-chromate, c'est-à-dire lorsqu'il contient un excès d'oxyde de plomb. Voici la manière de l'obtenir sous ces deux états :

1° *Chromate de plomb neutre.* On l'obtient en versant une solution de chromate neutre de potasse dans une solution d'acétate de plomb du commerce.

2° *Sous-chromate de plomb.* Pour préparer celui-ci, on verse du sous-chromate de potasse dans une solution du même acétate de plomb.

Il est bon de faire observer qu'on doit auparavant débarrasser, par la cristallisation du chromate de potasse, l'excès d'alcali que ce sel contient.

Le chromate de plomb neutre est d'un très-beau jaune ; il est employé pour la peinture sur toile, sur porcelaine, sur les papiers, etc.

SEL MARIN.

Chlorure de sodium (*Hydrochlorate de soude, Muriate de soude, Sel marin, Sel de cuisine, Sel gemme.*)

Ce sel est un des plus répandus dans la nature ; à l'état solide et naturel, il porte le nom de *sel gemme ;* on en trouve des mines en Pologne dont la longueur est de plus de 80 myriam., et la largeur, sur certains points, de 16. On en trouve aussi dans la Hongrie, la Transylvanie, l'Allemagne, l'Angleterre, le Tyrol, l'Espagne, la Russie, etc. Dernièrement, on

en a découvert une très-belle en France, à Vic. Ce sel est presque toujours transparent; il est, ou blanc, ou gris, rougeâtre, brun, jaune, violet ou vert. Ses couleurs sont dues aux oxydes de fer ou de manganèse qu'il contient. Celui qu'on extrait des eaux de la mer est très-blanc. L'un et l'autre ont une saveur salée, et cristallisent en cubes réguliers; ils décrépitent au feu, se dissolvent dans 2,82 d'eau bouillante, et le double de cette quantité d'eau froide; en se dissolvant dans l'eau, il passe à l'état d'hydrochlorate. Son poids spécifique est de 2,12. Composition :

Chlore.	60
Sodium..	40
	100

Tout le monde connaît ses propriétés économiques; dans les arts, il est employé à la fabrication de l'*acide hydrochlorique*, à celle des *soudes* dites *factices*, etc.

Nous ne l'examinerons ici que sous le rapport de l'application qu'on a voulu en faire à la verrerie.

M. Marcel de Serres, dans une notice sur l'emploi du sulfate de soude dans la vitrification (1), a fait connaître quelques expériences qui ont été tentées pour s'assurer si l'on ne pourrait pas employer le muriate de soude comme le sulfate. On a donc mis dans un fourneau, dit-il, et pendant un feu de vingt-une heures :

Quartz.	100
Muriate de soude.	60

Et un autre mélange de quartz, de chaux et de muriate de soude.

Il est résulté, d'une série d'expériences, que, dans les circonstances ordinaires, la seule chaleur ne peut pas décomposer la silice sans l'addition d'un autre flux. Il est bien étonnant que l'on n'ait pas obtenu une véritable vitrification de ce dernier mélange, qui paraît avoir donné, dans d'autres mains, d'heureux résultats. En effet, M. Leguay prit, en 1810, un brevet d'invention de 10 ans pour deux procédés au moyens desquels on fait du verre avec le sulfate et le chlorure de sodium (muriate de soude), sans le secours des alcalis. Nous allons les faire connaître :

Premier procédé.

Sulfate de soude desséché..	100
Chlorure de sodium.	100

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXVI.

Silice.	656
Chaux éteinte à l'air.	340

On mélange toutes ces matières, le plus exactement possible ; on chauffe le four et les pots au rouge blanc ; et, lorsqu'ils sont au degré de chaleur convenable, on enfourne le mélange roulé par pelotes, jusqu'à ce que les pots soient remplis ; on bouche les ouvertures, et dès qu'on s'aperçoit que la matière s'affaisse, on continue d'enfourner du mélange, jusqu'à ce qu'enfin les pots se trouvent remplis de matières vitreuses fondues. Alors, on continue la chaleur avec force, afin d'obtenir une belle et bonne fusion dans le moins de temps possible. Lorsque les fumées diminuent, on tire de temps en temps des larmes d'essai, afin de connaître lorsque le verre est assez affiné ; ce qui a lieu ordinairement au bout de vingt-deux heures de travail. Le verre est alors bon à mettre en usage ; mais on peut, sans le moindre risque, le laisser même le double de temps, si la nécessité l'exigeait.

Deuxième procédé.

Chlorure de sodium desséché (sel marin).	100
Silice..	125
Chaux éteinte à l'air.	92

Mélangez bien, et opérez comme ci-dessus. Au bout de seize heures, l'on obtient un beau verre bien affiné, dont on peut faire tel usage qu'on veut.

Les expériences de M. Leguay ne laissent nul doute sur l'application du chlorure de sodium à la fabrication du verre. Cette connaissance peut trouver une utile application dans l'emploi des soudes naturelles qui contiennent une grande quantité de sel marin et de sulfate de soude, dont on peut tirer un grand parti en ajoutant, à la composition, plus ou moins de chaux.

Pour être exact, il faut dire néanmoins que le sel marin ne saurait remplacer seul la soude. La silice décompose ce sel très-rapidement, en présence de la vapeur d'eau, qui existe toujours dans la flamme des fours, et le transforme en soude, avec laquelle elle se combine en dégageant de l'acide chlorhydrique ; mais avant d'avoir atteint la température nécessaire à la décomposition complète, la plus grande partie du sel marin se volatilise, attaque les parois du four et leur nuit considérablement. Si la potasse est en outre mélangée au sel, dans ce mélange, ces sels se décomposent réciproquement, en formant du carbonate de soude et du chlorure de potassium, qui nage à la surface du verre

sous forme de fiel. Suivant Kirn, la quantité du sel commun qui en général ne doit pas excéder 5 ou 6 pour 100, peut être portée à 13 pour 100, quand il y a au moins 3/4 de chaux dans le mélange ; ce chimiste a obtenu les meilleurs résultats, avec un mélange de deux parties de sel marin, trois de chaux, quatre de potasse et six parties de sable, mais on aurait obtenu un verre tout aussi bon sans cette addition de sel marin.

Dans son *Manuel de Chimie technologique*, M. Knapp, propose un procédé qu'il croit propre à remédier aux inconvénients, que présente le sel marin dans son application à la fabrication du verre.

« On sait, dit-il, que lorsque le sable et le sel commun sont amenés ensemble à l'état de fusion, et qu'on fait arriver une grande masse de vapeur d'eau surchauffée sur ces matières fondues, la décomposition en acide chlorhydrique et en silicate de soude, s'opère sans difficulté d'une manière assez complète; or, il y aurait de l'intérêt à tenter sur une grande échelle, de produire une fritte par ce moyen, en se servant d'un four à réverbère, puis de la fritte ainsi obtenue comme matière brute, bien plus avantageuse que la vitrification directe du chlorure de sodium. Dans ce cas, il ne se volatiliserait pas de chlorure, il n'y aurait pas destruction des parois des fours, des pots ou des creusets. Il pourrait en être de même dans l'emploi du sulfate de soude. »

NITRATE OU AZOTATE DE POTASSE.

Ce sel est également connu sous les noms de sel de nitre, salpêtre purifié. Il existe à l'état naturel dans tous les lieux habités, particulièrement dans les terres du sol des écuries, des bergeries, des magasins, etc. Ce sel, purifié, est en beaux prismes, à 6 pans, à sommets hexaèdres, transparents, d'une saveur fraîche, inaltérable à l'air, très-soluble dans l'eau, fusible à 340 ; il devient alors blanc, dur, pesant, et produit ce qu'on nomme *cristal minéral*. A une chaleur plus élevée, il se décompose. D'après mon analyse, il contient :

Acide nitrique.	53.55
Potasse.	46.45
	100.00

Le nitrate de potasse peut être employé de plusieurs manières dans la vitrification : 1° comme fondant, dans les verres produits par les matières les plus pures : dans ce cas, il se décompose et il se dégage de l'oxygène et du deutoxyde

d'azote ; 2° pour aviver les couleurs dans les verres colorés : dans ce cas, c'est l'oxygène de l'acide nitrique décomposé qui, en s'unissant aux oxydes métalliques, produit cette intensité de couleur. Il est encore une propriété de ce sel que nous devons signaler : c'est celle dont il jouit, au plus haut degré, de rétablir dans le verre la couleur du peroxyde de manganèse ; la plus faible dose suffit pour produire cet effet, qui nous paraît dû à la réoxydation de cet oxyde. Il faut donc s'abstenir de mettre du nitrate de potasse dans toute composition où l'on a fait entrer le manganèse pour purifier le verre.

SULFATE DE SOUDE.

Découvert par Glaubert, qui lui donna le nom de *sel admirable*. Il est incolore, inodore, très-amer, en beaux prismes dièdres ; si soluble dans l'eau que, par le simple refroidissement, l'on obtient des cristaux magnifiques. Ce sel effleurit à l'air ; exposé à l'action du calorique, il éprouve d'abord la fusion aqueuse et ensuite la fusion ignée.

Le sulfate de soude existe dans les eaux de la mer, dans un grand nombre d'eaux minérales, dans les plantes marines, etc. Il est composé de

Acide sulfurique..	100
Soude.	78.187

SULFATE DE POTASSE.

Ce sel est blanc, amer, dur, en cristaux prismatiques très-courts, à 4 ou 6 pans, inaltérable à l'air, décrépitant au feu, soluble dans 4 parties d'eau bouillante et dans 10 à la température de 15° ; il n'effleurit point à l'air, et est composé de

Acide sulfurique..	100
Potasse..	117.196

Ce sel est applicable, comme celui à base de soude, à la fabrication du verre.

Application à la fabrication du Verre.

M. Marcel de Serres, inspecteur des arts, sciences et manufactures, a publié, dans les *Annales de Chimie* (1), une notice sur l'emploi du sulfate de soude dans la fabrication du verre, extraite de l'ouvrage de Gehlen (2), que nous allons analyser. Il résulte d'un grand nombre d'expériences, faites en grand par MM. François Baader et Gehlen :

(1) Tome LXXVI.

(2) *Beytraege zur Wissenschaftlichen Begründung der glasmacher Kunst; von Dr A. F. Gehlen.*

1° Que le sulfate de soude, dépouillé de son eau de cristallisation, peut être appliqué à la fabrication du verre blanc et fin, sans aucune addition de potasse ni soude ;

2° Qu'en faisant usage de ce flux, on gagne beaucoup pour le temps, et conséquemment en produit du même fourneau et en matière ;

3° Qu'il faut être très-exact dans l'addition de la quantité de charbon nécessaire pour opérer la décomposition du sulfate de soude : ce point est si essentiel, que quelquefois un centième de plus ou de moins gâte presque la vitrification ou colore le verre ;

4° La quantité de charbon à employer est difficile à déterminer, puisqu'elle varie suivant sa sécheresse ou son humidité ;

5° Que le sulfate de soude ne peut pas être appliqué aussi bien en substance dans le fourneau de fonte, et qu'il vaut mieux faire d'abord un sulfure de soude, pour se débarrasser de l'acide carbonique qui se forme et produit une grande effervescence dans la fonte ;

6° Que le fiel de verre se décompose par une addition de charbon dans toutes les autres fontes de verre, ce qui est d'autant plus avantageux que l'expérience a démontré que ce fiel est le plus grand ennemi de la fonte du verre fin ;

7° Que les creusets dans lesquels on opère la fusion du verre, à l'aide du sulfate de soude, doivent être faits avec beaucoup de précaution et dans une proportion différente des matières, parce que ce verre les attaque bien plus que celui de potasse ;

8° Il est reconnu que lorsqu'on fait du verre fin et que l'on y met plus de soude ou de potasse qu'au verre commun, si l'on néglige de donner, avant le travail, le refroidissement nécessaire, le verre, d'abord très-pur, commence bientôt, dans le travail, à entrer en fermentation, et se montre ensuite plein de bulles. Il en est de même du verre que l'on fait avec du feldspath contenant de la potasse.

MM. Gehlen et Baader, considérant la diversité d'opinions de Kreschmann, Pott, Laxman, Gren, Lampadius et Pajot des Charmes sur l'emploi du sulfate et de l'hydrochlorate de soude dans la fabrication du verre, se sont livrés à diverses autres expériences ; la composition qui leur a le mieux réussi est la suivante :

Quartz.	100
Sulfate de soude..	54
Chaux.	17
Charbon.	6

On ajouta, pendant la fusion, une pelletée de charbons ardents tirés du fourneau à verre, Ces cinq parties de charbon étaient encore trop peu dans les circonstances qui avaient lieu dans le fourneau à verre.

Il résulte de ces nouvelles expériences, qu'en général :

1° On peut appliquer le sulfate de soude, à la vitrification, sans addition de potasse ni de soude. Le verre, ainsi obtenu, est aussi beau et aussi parfait que celui qui a été fait avec la soude ou la potasse;

2° Que la vitrification du sulfate de soude, avec le quartz, est, dans le plus grand feu, même très-imparfaite. Elle est plus complète, si l'on y ajoute de la chaux ; mais elle demande alors bien du feu et du temps;

3° Cette décomposition est parfaite, à l'aide d'une substance qui décompose l'acide sulfurique du sulfate de soude. Le meilleur moyen est le charbon qui réduit le sulfate en sulfure, dont la silice se sépare pour s'unir à la soude; pour le flint-glass, le plomb, à l'état métallique, produit le même effet. Cette réaction de la chaux et du charbon, sur le sulfate de soude, offre des variations que nous allons faire connaître, d'après l'auteur précité :

1° La propriété qu'a le charbon de colorer le verre, quoiqu'en quantité éminemment petite; cette propriété du charbon n'est surpassée par aucun des oxydes métalliques connus jusqu'à présent (1);

2° Une préférence qu'on doit donner à la chaux dissoute dans l'eau et rechauffée de nouveau, à la chaux délitée à l'air;

3° De la grande effervescence de la masse du verre, lorsqu'on emploie le sulfate de soude, effervescence qui est quelquefois aussi grande en employant la soude ordinaire, et de la précaution qu'on doit prendre de l'ajouter successivement en plus petites proportions que si l'on employait la potasse;

4° Que l'on doit diviser les travaux avec soin, dans les verreries de cette espèce, afin de ne pas être troublé par cette effervescence ;

5° Que le sulfure de soude peut être plus applicable dans les verreries que le sulfate de soude.

Ces données peuvent être très-utiles, surtout pour l'emploi des soudes naturelles provenant des salsola, des fu-

(1) Ne pourrait-on pas tenter de détruire cette couleur en brûlant l'excès de charbon qui la produit, au moyen du nitrate de potasse? Nous croyons que cette expérience peut être suivie d'un plein succès.

cus, etc., qui contiennent beaucoup de sulfate et d'hydrochlorate de soude. Tout me porte à croire que l'addition de la chaux et d'un peu de charbon, en décomposant ces sels dans le creuset, augmenterait beaucoup la quantité de matière vitreuse.

M. Pajot des Charmes s'est occupé aussi, avec succès, de l'emploi du sulfate de soude dans la verrerie. De son côté, M. le professeur Schweigger a publié, il y a plusieurs années, le résultat de quelques expériences sur ce même sujet, qui lui ont démontré que les meilleures proportions, étaient les suivantes :

Sable.	100
Sulfate de soude sec.	50
Chaux vive, sèche, en poudre.. .	17 à 20
Charbon.	4

Ce mélange, dit-il, donne un très-bon verre, sans aucune addition quelconque. Pendant la fusion, l'acide sulfurique est décomposé et la silice s'unit à la soude. A l'article *Hydrochlorate de soude*, l'on a dû voir les essais pour lesquels M. Leguay a pris un brevet d'invention.

Avant de parler de la fabrication du verre, nous allons faire connaître la construction des fourneaux et la fabrication des creusets.

DEUXIÈME PARTIE.

Des Fours propres à la verrerie, et des Creusets.

PREMIÈRE SECTION.

DES FOURS.

Il est un fait bien généralement reconnu des fabricants, c'est que la beauté et la transparence du verre sont constamment en rapport avec l'élévation de température auquel le mélange vitreux a été porté, ainsi qu'avec les proportions d'alcali qui sont parties constituantes du verre. Ainsi, plus le verre contient d'alcali, plus son opacité augmente; de manière que, lorsqu'il contient deux parties d'alcali sur une de silice, il ne jouit d'aucune transparence, et attire l'humidité de l'air. La beauté du verre est donc en raison directe de la quantité moindre d'alcali qu'il contient. Aussi, en soumettant la composition vitreuse à une température très-élevée, on en dégage l'excès d'alcali que la silice peut saturer en passant à l'état de silicate. Il est aussi bien démontré que la silice entre d'autant plus vite en fusion, même avec une quantité moindre de fondant ou d'alcali, que le degré du calorique est plus élevé. C'est ce qui a fait dire á M. Bastenaire-Daudenart : *Bonne terre pour les creusets, fourneau qui tire bien,* assurent la prospérité de la verrerie. A l'appui de cette opinion, nous allons faire connaître les résultats de quelques essais qu'il a consignés dans son ouvrage :

1° Si l'on expose 100 parties de sable et 45 d'alcali dans un fourneau de fusion, pendant deux ou trois jours á 3,000 Réaumur, le verre obtenu contiendra parties égales de silice et d'alcali;

2° La même composition, á une température de 9,000 Réaumur, donnera lieu á un verre composé de 100 silice sur 25 alcali;

3° Le même mélange, exposé á 10 ou 12,000 degrés, donnera un verre parfait, qui contiendra :

Silice.	85
Alcali.	15
	100

L'excédant d'alcali aura été dissipé et par conséquent perdu pour le fabricant.

J'ai relaté, à l'article fabrication du verre à vitre, quelques autres expériences semblables, et fait connaître combien il importe aux fabricants d'avoir des fourneaux qui tirent bien, tant pour l'économie du combustible et du temps, que pour celle de l'alcali ; nous y renvoyons nos lecteurs, en nous bornant à reproduire ici les résultats.

	Fourneau tirant mal.	Tirant bien.
Sable.	150	155
Calcin.	200	115
Potasse.	120	100
Chaux.	25	16
Azur. . . . . } Peroxyde de manganèse. }	aa 0.50	Manganèse. 3
Total.	545	389

Ces avantages sont évidemment démontrés : je me bornerai à ajouter que les fourneaux qui tirent bien d'abord, commencent à perdre une partie de cette propriété, au bout de quatre ou cinq mois de service.

La construction des fourneaux d'une verrerie exige les plus grands soins, tant pour leur forme et leurs dimensions, que pour le choix des terres, leurs préparations et leur cuite.

Nous avons consacré un article spécial aux argiles ; nous ajouterons ici que les briques, principalement celles qui entourent le four de fusion, doivent être faites avec une argile très-réfractaire, ne contenant qu'environ trois ou quatre centièmes de chaux, et environ vingt-cinq pour cent de ciment (1). Cette argile préparée par les procédés usités par les potiers, est ensuite moulée et mise à sécher. Lorsqu'elle l'est complètement, on fait cuire soigneusement les briques dans un four particulier que tout le monde connait, mais nous allons décrire un de ces fours, pour lequel M. Singer, de Paris, a pris un brevet d'invention.

FOUR A CUIRE LA BRIQUE ET LA TUILE DE SINGER.

Les dimensions extérieures sont de 3m.25 (10 pieds) de longueur, sur 2m.60 (8 pieds) de largeur, et 3m.60 (11 pieds) de hauteur. La tuile y est introduite et placée suivant l'usage des fours ordinaires ; on couvre à plat de tuiles cuites ladite

(1) Le meilleur ciment se fait avec l'argile cuite réduite en poudre.

superficie, de manière que le courant d'air ne soit pas intercepté.

Ensuite, l'ouverture par laquelle la tuile a été introduite doit être fermée avec de la tuile ou du moellon, ou de l'argile. Tous les registres et autres ouvertures doivent aussi être exactement fermés.

Cette première opération étant terminée, on place une petite botte de paille sur la grille à l'entrée de la bouche du four, et sur cette paille, dix morceaux de tourbe et vingt autres sur la totalité du grillage dans sa longueur. En allumant la paille, on ouvre en même temps le premier registre en totalité, jusqu'à ce que la tourbe, qui se trouve près de la bouche à feu, soit enflammée ; lorsqu'elle l'est complètement, il faut reboucher le premier registre et entretenir le feu pendant douze heures au même degré. Au bout de ce temps, il faut renforcer le feu à peu près d'un tiers, ouvrir entièrement le second registre, et entretenir le feu à ce même nouveau degré, durant douze autres heures. Ce temps écoulé, on ouvre le troisième registre, et on entretient le feu au même degré jusqu'à ce qu'on ait reconnu que la tuile a dissipé son humidité et se trouve bien ressuyée. L'expérience a fait connaître que dix-huit heures suffisent à cette opération, tandis que, jusqu'à présent, elle a duré quarante-deux heures.

Cet objet rempli, on ouvre de nouveau et entièrement le premier registre, et l'on augmente doucement le feu, jusqu'à ce qu'il sorte par toute la bouche une flamme égale, et néanmoins pas trop violente; on entretient ainsi ce feu pendant quatre heures, au bout desquelles il faut l'augmenter d'un tiers et l'y maintenir pendant quatre autres heures. Au bout de ce temps, il faut pousser le feu si vivement que la bouche entière du four doit être remplie d'une flamme bouillonnante que l'on doit entretenir jusqu'à ce que la rangée supérieure des tuiles commence à rougir, ce qui peut durer environ dix-huit heures.

Les tuiles qui prennent la couleur rouge annoncent une cuisson complète : c'est pourquoi on les couvre de sable de l'épaisseur de 3 centim. (1 pouce) pour en écarter la flamme. L'on ferme en même temps le second et le troisième registres. Il faut encore entretenir le four pendant trois heures au même degré, et lorsqu'il paraîtra que les trois quarts des tuiles sont cuites, on diminuera le feu insensiblement ; le dernier quart atteindra aussi sa cuisson dans environ deux ou trois heures au plus. Aussitôt que le four est couvert de sable, on laisse le feu se perdre de lui-même ; on ferme le premier registre ainsi que tous les autres. Le four ainsi bien fermé, reste

environ douze heures, ce qui suffit pour perfectionner la cuisson de la tuile. On ouvre ensuite les portes et les registres, et l'on enlève le sable qui couvre toute la superficie de la tuile pour la laisser refroidir, ce qui s'opère en vingt-quatre heures ; après quoi le tuilier peut vider son four. Il est aisé de voir que toute cette opération ne dure que cent quatre heures, ou quatre jours un quart. Il est bon cependant de faire observer que la cuite de la brique exige un peu plus de temps et de tourbe à cause de son épaisseur.

Dans les pays où il n'y a pas de tourbe, on peut y substituer de la bonne houille, en choisissant la plus pure.

Explication des figures.

Fig. 16, élévation de la face au-devant du four.

Fig. 17, plan du fond au niveau de la ligne *ef*, fig. 19.

Fig. 18, coupe longitudinale par un plan vertical suivant la ligne *ab*, fig. 17.

Fig. 19, coupe transversale par un plan vertical, suivant la ligne *c d*, même figure.

A, mur qui forme le contour du four : l'intérieur, qui est exposé à recevoir une forte chaleur, est en briques, et l'extérieur, d'environ 65 centim. (2 pieds) d'épaisseur, est fait en moellons ou en briques, a volonté.

B, cendrier dont l'entrée est fermée par une porte en fer.

C, grille en barreaux de fonte de fer.

D, bouche du four, cintrée en demi-cercle : elle est fermée par deux portes de fer.

E, neuf arcades dont les deux extrêmes sont engagées dans les murs, laissant entre elles les espaces *g*, sur lesquels on pose la tuile.

F, deux canaux qui règnent dans toute la longueur du four, dont l'entrée est fermée avec des bouchons carrés en bois, de chacun desquels huit petites ventouses partent et vont aboutir à la bouche du four.

G, petites ventouses rondes, fermées avec des tampons de bois, et qui donnent l'air nécessaire à la combustion près de la bouche du four. Ces ventouses et les deux canaux F forment ce qu'on appelle le premier registre.

H, canal qui passe à travers les parois latérales et de derrière du four, dans lequel aboutissent vingt-huit petites ventouses donnant dans l'intérieur. Les deux entrées de ce canal sont fermées avec des tampons en bois.

I, huit petites ventouses percées de part en part sur la face de devant à la hauteur du canal H, et qu'on bouche avec des chevilles en bois. Ces ventouses, et le canal H avec ses ventouses, forment le second registre.

J, canal avec le même nombre de ventouses que ci-dessus, qui forment le troisième registre.

K, ouverture par où l'on introduit la tuile dans le four, et qu'on remaçonne après.

Quant aux dimensions des briques pour la construction des fourneaux pour la verrerie, nous n'avons pu les trouver dans les auteurs que nous avons parcourus; M. Bastenaire-Daudenart nous paraît être le premier qui s'en soit occupé.

Il y a trois manières, dit-il, de construire les fours de fusion : la première consiste à placer les briques molles les unes sur les autres, et les souder ensemble de manière à ne présenter qu'une masse; la seconde, en briques sèches, et la troisième, en briques cuites à un coup de feu plus ou moins fort.

M. Bastenaire rejette les briques molles, parce que le retrait étant fort grand, le fourneau a le désavantage de se déformer promptement, malgré qu'on remplisse tous les jours soigneusement les fentes et les crevasses. Il rejette aussi les briques cuites, parce que la construction devient pénible dans les endroits où il faut échancrer l'ouverture, à cause de la dureté des briques. En conséquence, il donne la préférence aux briques séchées de 30 à 35 centim. (11 à 13 pouces), parce qu'elles prennent peu de retrait et qu'elles sont bien plus faciles à tailler.

Nous ne partageons point l'opinion de l'auteur : les briques bien cuites doivent être préférées aux autres, à cause qu'elles ne prennent presque point de retrait; quant à l'inconvénient qu'elles présentent de ne point se laisser tailler aisément, il est facile d'y remédier en en modelant un certain nombre d'après les formes que doivent avoir les échancrures.

Quant à la dimension des briques, nous pensons comme lui qu'elle n'est pas assez grande, et qu'il convient beaucoup mieux de leur donner 24 centim. (9 pouces) de longueur sur 16 centim. (6 pouces) de largeur, et 11 centim. (4 pouces) d'épaisseur. Sur le côté qui est destiné à former la paroi intérieure du four, on devrait mouler une échancrure d'autant plus forte que le diamètre du four serait plus petit; de cette manière, ces briques décriraient un véritable cercle. Nous allons maintenant donner la description des principaux fours de verrerie.

FOURNEAU DE VERRERIE ANCIEN.

Avant de parler des fourneaux modernes, nous avons cru devoir dire un mot des plus anciennement employés, afin de donner une juste idée des progrès de cet art.

Un des plus anciens auteurs, Agricola, rapporte trois sortes de fourneaux, le premier, qu'il appelle *carcaria* ou carcaise,

est celui où se fait la fritte. Ce fourneau, fig. 1, est fait comme un four, haut de 3m.30 (10 pieds) et large de 2m.30 (7 pieds) ; ce four a deux voûtes : l'inférieure, marquée A, est celle où se fait le feu, ayant un trou au sommet par où passe la flamme qui entre dans la voûte supérieure, marquée B, où elle forme un réverbère qui réfléchit sur les matières à faire la fritte, qui sont à nu sur l'aire de ce four, où l'ouvrier a soin de les remuer avec un râteau de fer, jusqu'à ce qu'elles soient vitrifiées et préparées en leur perfection. Cette voûte supérieure doit avoir une ouverture fort grande pour remuer plus facilement la fritte, au lieu que l'ouverture de l'inférieure doit être petite, ne servant qu'à jeter le bois pour maintenir un feu continuel et en retirer la cendre.

Du temps d'Agricola on ne se servait que de charbon dans les verreries ; mais l'usage du bois dont on s'est servi depuis, est beaucoup meilleur ; car, étant employé très-sec, il ne donne aucune fumée comme fait le charbon, qui cause toujours de l'obscurité au verre.

Les masses qui paraissent auprès de ce four, marquées C, sont celles de la fritte, qui se tirent du four, et qui se cassent lorsqu'elles sont trop grosses, pour être plus commodes à mettre dans les pots du grand fourneau, pour y être purgées et ensuite employées aux ouvrages que l'on veut.

Le second fourneau, ou plutôt four, dont parle Agricola, est celui où les ouvriers travaillent ; mais la description qu'il en fait n'est pas juste, parce qu'il fait tous ces fours ronds, et ils ne le doivent être qu'au-dedans, et le dehors ovale. Il ajoute encore deux gueules en forme de cheminées, par lesquelles le serviteur jetait le charbon jour et nuit, ce qui n'est plus en usage, puisque l'on se sert, en général, du bois sec dans toutes les verreries, ainsi que nous l'avons dit ; ce qui rend inutiles les grilles de fer qu'il place sur le trou et au cendrier.

Ce four, dont le diamètre doit être proportionné à la hauteur, est divisé en trois parties, toutes trois faites en voûtes. Celle du bas, marquée A, fig. 2, est l'endroit où le serviteur jette le bois pour entretenir un feu continuel et sans fumée, et ce four inférieur s'appelle couronne, et l'ouverture glais ; mais il n'y a ni grille ni cendrier, le bois se jetant sur les charbons que l'on a soin de retirer lorsqu'il y en a trop, avec une grande pelle de fer creuse. Ce four fait en couronne, auquel Agricola ne donne qu'un trou au milieu du haut, d'environ 33 centim. (1 pied) de diamètre, en a néanmoins plusieurs tout autour, par lesquels sort la flamme qui entre dans le second four du milieu, où sont les pots remplis de matière pour la fabrique du verre, marqués E, sur lesquels cette flamme réfléchit et réverbère continuellement.

La seconde partie de ce four, marquée B, et dont la voûte est ronde, est celle qui sert aux ouvriers. Agricola donne à chaque four huit arches, cependant il y en a de six ; entre chaque arche il y a une ouverture en forme de fenêtre faite en arcade, marquée C, appelée grand ouvreau, par où se mettent et retirent les pots qui contiennent le verre; ces grandes ouvertures sont fermées chacune d'un couvercle de même terre et tuile dont le four est fait, pour mieux conserver la vue des ouvriers de la trop grande chaleur du feu, et pour la retenir davantage dans le four. Au milieu de chacun de ces couvercles il y a un trou ou orifice, appelé petit ouvreau, qui est un peu plus grand que la paume de la main, par lequel les ouvriers cueillent avec leurs cannes ou felles, le métail teint ou repurgé de leurs pots, dont ils font tels vaisseaux qu'ils désirent. Il sert aussi à échauffer les ustensiles dont ils ont besoin, et qui sont soutenus par des crochets mis exprès aux côtés de ces ouvertures, qui s'appellent, selon les termes de la verrerie, petits ouvreaux.

L'endroit où sont les pots dans ce four s'appelle aire ou siége; il y en a toujours deux à chaque ouvreau dans les petites verreries. L'un, qui est le plus petit, est plein de verre purgé et propre à travailler; et l'autre, qui est plus grand, est rempli de verre qu'il faut purger, ainsi que nous l'expliquerons en son lieu. Le petit pot étant vide, on le remplit aussitôt de la matière du grand, lorsqu'elle est purgée, avec une cuillère de fer. Le grand étant vide, on y remet ensuite de nouvelle matière à fondre et à purger, ce qui se fait alternativement pour ne pas faire attendre les ouvriers, et afin qu'ils en aient toujours qui soit en état de les occuper.

La voûte supérieure de ce four, marquée D, qui est audessus de celle où se fond le mélange et où les ouvriers travaillent, sert à mettre les vaisseaux de verre aussitôt qu'ils sont faits, pour s'y refroidir doucement, cet endroit ayant une chaleur tempérée, autrement ces vaisseaux se casseraient s'ils restaient à un air plus froid.

Le troisième fourneau dont parle Agricola, auquel il donne une forme carrée, et qui sert, dit-il, à faire les verres verts, n'était plus en usage, même au commencement du dix-septième siècle. Le même auteur donne aussi diverses formes de fourneaux dans son livre de la matière des métaux.

FOUR ANCIEN DESTINÉ AU VERRE A BOUTEILLES.

L'intérieur de ce four représente un berceau de cave carré par le bas, et voûté en cintre par le haut ; il a environ 2m.60 (8 pieds) de hauteur, 3 à 3m.30 (9 à 10 pieds) de largeur, et

environ 2m.45 (4 pieds 1/2) de profondeur. Les murs et la voûte de ce fourneau doivent être construits de briques, qui fournissent plus de chaleur que tous les autres matériaux que l'on pourrait employer ; ils doivent être revêtus à l'extérieur par une bonne maçonnerie de pierres de taille liées par de forts tirants de fer. La voûte de ce fourneau est percée de quatre ouvertures qui sont distribuées à égale distance les unes des autres, et qui forment autant de cheminées qui s'élèvent d'environ 50 centim. (1 pied 1/2) au-dessus de la maçonnerie.

Le sol de ce caveau est, dans sa longueur, percé d'une ouverture d'environ 33 centim. (1 pied) de large, et communique à une très-grande cave qu'on a pratiquée sous le four, et qui sert de cendrier. Cette cave est voûtée en pierres de taille, et elle est beaucoup plus grande que le four, dans lequel il y a accès par un escalier qu'on y a pratiqué. L'ouverture, dont nous parlons, est faite dans le milieu du sol du four, et elle le partage, pour ainsi dire, en deux parties; elle est garnie de gros barreaux de fer qui servent de grille pour soutenir les matières combustibles. Aux deux côtés de cette ouverture on élève du sol dans l'intérieur du four un massif en forme de banc, d'environ 50 centim. (1 pied 1/2) de hauteur, et qui est prolongé tout le long des deux parties latérales du four. Ces deux massifs ont chacun environ 1 mètre (3 pieds) de largeur, et ne laissent par conséquent entre eux qu'un intervalle de 33 ou 50 centim. (1 ou 1 pied 1/2) pour contenir les matières combustibles; c'est sur ces deux espèces de bancs qu'on place quatre creusets, c'est-à-dire deux de chaque côté.

Aux deux extrémités de l'ouverture dont nous venons de parler, sur laquelle on établit la grille du four, on a pratiqué une porte cintrée de 80 centim. (2 pieds 1/2) de large sur 1m.30 à 1m.60 (4 à 5 pieds) de hauteur. C'est par ces ouvertures qu'on fait entrer les quatre creusets ou pots pour les placer sur les deux bancs massifs dont nous avons parlé.

Les creusets étant placés, ils se trouvent chacun environ à 15 centim. (6 pouces) au-dessous d'une fenêtre par laquelle on introduit dans les creusets la matière à fondre pour former le verre, et par où on retire le verre lorsqu'il est en état, comme nous le dirons plus bas. Ces quatre fenêtres se nomment les ouvreaux. Ils sont séparés par une maçonnerie en forme de mur, pour empêcher que l'ouvrier qui travaille à un ouvreau ne soit trop exposé à la chaleur de l'ouvreau qui est à côté.

Lorsque les pots sont arrangés dans le fourneau, on bouche avec de la brique les deux ouvertures par où on les a introduits, en laissant seulement à chacune une fenêtre d'environ

50 centim. (1 pied 1/2) en carré, et élevée de 1 mètre (3 pieds) au-dessus du sol ; ces fenêtres sont perpendiculaires à la grille du four, et on les réserve pour introduire les matières combustibles.

Au-dessus du four on a pratiqué deux autres petits fours, placés l'un à côté de l'autre, et séparés par une cloison de briques. Dans les coins de ces petits fours viennent aboutir les quatre cheminées dont nous avons parlé, c'est-à-dire deux dans chacun ; la flamme des matières combustibles placées dans le four où sont les creusets, sort par ces cheminées, et vient achever de s'user dans les deux petits fours supérieurs. C'est dans ces petits fours qu'on place les matières destinées à la fabrication du verre, et pour y recevoir la préparation que l'on nomme *fritte ;* la chaleur que produit la flamme, qui s'échappe du grand four, est suffisante pour faire rougir fortement les matières, et même les faire presque entrer en fusion.

Le fourneau dont nous venons de donner la description peut servir indifféremment à faire du verre blanc ou à faire du verre commun.

CONSTRUCTION DU FOURNEAU DE VERRERIE, ET SES DIMENSIONS,

Par M. Bastenaire-Daudenart.

On trouve la description des fourneaux de verrerie dans un très-grand nombre d'ouvrages ; cependant les améliorations qu'y a apportées M. Bastenaire-Daudenart, nous ont engagé à reproduire ici une grande partie du chapitre II de son intéressant ouvrage. Il commence d'abord par blâmer, avec juste raison, la forme carrée que l'on a coutume de donner aux fourneaux de verrerie ; et il est en effet bien démontré que la flamme circule bien plus aisément dans un milieu sphérique, et qu'il y a par conséquent économie de combustible : ce point est fort important pour le fabricant. Quant aux briques, il est urgent, pour la confection des fours, de les modeler suivant qu'elles sont destinées à la base, au cintre, à la voûte ou aux ouvertures du four : ainsi celles qui seront destinées à former le cintre devront avoir une extrémité plus épaisse, sans être cependant plus étroites. Nous insistons sur les formes à donner aux briques, parce que non-seulement elles facilitent la construction des fourneaux, mais qu'elles les rendent et plus solides, et plus propres, et plus économiques. Ces briques sont liées entre elles par un *coulis* en consistance de bouillie (1).

(1) On donne le nom de *coulis* aux râclures des briques qu'on délaie dans l'eau.

FOURNEAU DE FUSION.

Le cendrier A, fig. 20, 21, 22, 23, 24, doit être plus bas que le sol d'environ 40 à 50 centim. (15 à 18 pouces), son ouverture doit être parallèle avec l'entrée de l'air ; ce point est essentiel et d'autant plus important qu'il facilite la fabrication, parce qu'alors on a un foyer qui tire bien. La grandeur du four doit être en raison directe de la quantité de matière vitreuse qu'on veut fabriquer ; il y a cependant un terme qu'on ne doit point dépasser, parce qu'on perd une grande quantité de combustible, sans que le verre soit de bien bonne qualité, surtout les verres durs. Ainsi, quoiqu'il soit vrai de dire que la grandeur des fourneaux est relative à la qualité et à la quantité de verre qu'on se propose de fabriquer, cependant leur grandeur ordinaire est de 1m.30 à 2m.60 (4 à 8 pieds). Nous faisons observer à ce sujet que, relativement à l'emploi du combustible, les fourneaux de 2m.30 (7 pieds) diffèrent peu, pour la consommation, de ceux de 2m.60 (8 pieds). Il est donc avantageux de leur donner cette dernière grandeur, parce qu'on peut alors y placer de plus grands creusets.

Nous allons maintenant faire connaître la manière de conduire la bâtisse d'un de ces derniers fourneaux, ayant quatre ouvreaux sur chaque face et huit creusets dans l'intérieur, d'une grandeur et d'un diamètre de 67 centim. (2 pieds 1 pouce). Nous allons laisser parler M. Bastenaire. Après avoir fait les fondations du cendrier A, on élève en carré des murs de 80 centim. (2 pieds 6 pouces) d'épaisseur en grès dur et réfractaire tel que celui de Fontainebleau, etc. On conserve dans chaque panneau une entrée pour le passage de l'air et pour que le tiseur puisse débarrasser la grille B des scories. On continue l'élévation des massifs à une hauteur de 3 à 3m.30 (9 à 10 pieds) ; ils viennent alors se réunir en forme de cintre, en conservant toutefois, dans le milieu, la place de la grille qui va d'un bout à l'autre.

L'âtre est également construit en grès dur et réfractaire ; à défaut, en excellentes briques bien cuites : il en est de même pour les sièges H destinés à supporter les pots ou creusets, et pour les arches et les foyers B.

Au milieu du fourneau et sur l'âtre, l'on met une planche épaisse, sur une des faces de laquelle on place une crapaudine en cuivre ; l'on y introduit ensuite un pieu en bois, dont l'extrémité inférieure est munie d'une pointe en fer qui s'emboîte dans la crapaudine, lequel, levé verticalement, occupe tout-à-fait le milieu du fourneau. A la partie supérieure

de ce pieu est adaptée une traverse destinée à le soutenir, et qui lui laisse cependant la liberté de tourner à volonté. Enfin, à ce même pieu est attachée une petite corde au moyen de laquelle, chaque fois qu'on place une brique, l'on s'assure si elle ne s'écarte pas de la circonférence; on ne fait pour cela que porter le bout de cette ficelle à cette même circonférence. Avant de placer les briques les unes sur les autres, on doit avoir grand soin de les frotter l'une contre l'autre, afin d'en user les inégalités et de les mettre bien d'aplomb; après cela, on enduit les deux surfaces qui doivent se réunir, de coulis, et on les rapproche en frappant sur la supérieure et appuyant fortement avec le manche du marteau.

Il est bien évident que l'épaisseur des murs, depuis l'âtre jusqu'à la naissance de la voûte, doit varier suivant la grandeur des fourneaux ; et quoiqu'on donne une épaisseur de 60 à 65 centim. (22 à 24 pouces) à ceux de 2m.60 (8 pieds) de diamètre, nous conseillons de la porter à 3 ou 4 centim. (12 à 18 lignes) de plus, parce que plus un mur est épais, moins vite il livre passage au calorique, et plus il en concentre, par conséquent, dans le fourneau. L'ouverture de la grille B doit avoir de 26 à 32 centim. (10 à 12 pouces), et être traversée dans sa longueur par sept barres de fer battu ayant 8 centim. (3 pouces) carrés, croisées par intervalles, par quatre ou cinq barreaux également en fer, qu'on nomme *barreaux dormants*, lesquels ont de 27 à 30 millim. (12 à 13 lig.) sur chaque face. Lorsqu'on s'aperçoit que le fourneau ne tire pas bien, ce qu'on appelle *languit*, on diminue le nombre des barres longitudinales : dès lors l'air se porte en plus grande quantité sur le combustible, et dès lors le fourneau tire mieux.

Les sièges H doivent être élevés de 65 centim. (2 pieds), et donner à l'espace qui les sépare plus de largeur à la partie supérieure, afin que la flamme ait un plus grand dégagement; d'ailleurs cette disposition la dirige, par une ligne courbe, vers les ouvreaux D D D D. La surface des sièges destinés à recevoir les pots, doit être un peu inclinée, afin que le verre qui tombe pendant le remplissage des creusets ne s'y fixe pas, ce qui ne manquerait pas de les détériorer bientôt. Les arches C C sont, à proprement parler, autant de petits fours placés aux quatre coins du fourneau de fusion. On en place ordinairement quatre; lorsqu'il n'y en a que deux, ils sont plus grands et se prolongent du bout à l'autre du four, du côté des foyers. Le calorique est transmis aux arches par des ouvertures nommées *lunettes*, que l'on a ménagées dans l'é-

paisseur du mur qui forme la circonférence du grand four, et près de la couronne. Ces lunettes ont de 16 à 18 centim. (6 à 7 pouces) de diamètre. Il y a quelques variations pour les fours à bouteilles; les arches sont un peu plus grandes; il en est de même des lunettes qui empiètent dans la voûte. C'est dans ces arches ou petits fours que s'opère la fritte des matières vitreuses. Dans les fours à bouteilles, on introduit ces matières par des ouvertures D D, ménagées au-dessus des foyers et dont la grandeur doit être telle qu'elle ne soit que suffisante pour y introduire une pelletée de matières. Pour les en retirer on démolit les fausses claies qui ne sont que provisoires. Dans les fourneaux des verreries à bouteilles, on pratique ordinairement de petites arches E E, fig. 22, contiguës au fourneau de fusion et placées sous les grandes. Celles-ci sont alimentées par un foyer particulier F F; elles sont destinées à la cuisson des pots de verrerie et à leur faire acquérir une dureté suffisante pour qu'ils ne courent aucun risque de se casser ou de se fracturer lorsqu'on les porte dans le grand four. Quant aux fourneaux destinés au verre blanc, ainsi qu'au cristal, il est rare qu'on place les pots dans les arches; leur véritable destination est pour le frittage des matières et pour y recuire le verre. Dans ce dernier cas, on y ménage une porte plus grande que celle qui est destinée à l'introduction des frittes, et qui est fermée par une plaque de tôle épaisse. Il est bon de faire observer que les arches ou petits fours se terminent un peu au-dessus de la couronne et qu'ils sont adossés contre des massifs qui partent du milieu de la halle, à moitié, ou aux deux tiers du plan géométrique de sa coupe. (*Voyez* les figures 23 et 24 de ces fourneaux.) Les murs de la circonférence sont élevés jusqu'aux ouvreaux D; il est inutile de dire que cette élévation est en raison directe de la grandeur des pots. Mais il est d'usage que, pour la fabrication des bouteilles, les creusets ayant de 85 à 90 centim. (2 pieds 8 à 2 pieds 9 pouces), l'on commence les ouvreaux de $1^{m}.05$ à $1^{m}.10$ (3 pieds 3 à 3 pieds 5 pouces), à partir de la surface plane des sièges. On doit presque toujours commencer les ouvreaux de 10 à 15 centim. (4 à 6 pouces) au-dessus des creusets, et les construire de manière à pouvoir y faire passer les diverses pièces de verre fabriquées. Cet usage n'est pas le seul qui soit propre aux ouvreaux, puisqu'ils sont également destinés à livrer passage à la fumée, à la flamme et aux gaz qui se dégagent pendant la vitrification; les lunettes favorisent également ce dégagement et contribuent, avec les ouvreaux, à l'entretien de la combustion. On établit un petit mur de séparation en L L, entre les ou-

vreaux, afin de préserver le souffleur des rayons calorifiques et obliques de l'ouvreau, qu'il aurait sans cela en face de lui. On élargit quelquefois ces petits murs au moyen de plaques de tôle. C'est au pied de chaque ouvreau qu'on ménage un petit trou, nommé *trou de la canne*, lequel a environ 5 centim. (2 pouces), et correspond intérieurement au fourneau de fusion. C'est au-dessus des ouvreaux que commence la voûte ou la couronne du fourneau. M. Bastenaire-Daudenart, considérant que la forme de la voûte est très-importante, et que la forme sphérique est la plus convenable, tant pour la propagation du calorique que pour diminuer cette chute de larmes vitreuses (1) qui a lieu pendant la fabrication du verre, et dont on a vainement tenté de se délivrer, M. Bastenaire, dis-je, pense qu'on pourrait remédier à cet inconvénient, en donnant à la voûte un abaissement assez prononcé au-dessus de l'âtre, entre les deux siéges. Cet abaissement, dit-il, commencerait à la distance de 65 à 70 centim. (2 à 2 pieds 2 pouces) au-dessus des pots; c'est à ce point qu'il faudrait rompre la courbe et la rentrer d'une manière inverse, en tirant vers l'âtre, de sorte que l'abaissement n'ayant lieu que dans la direction des foyers en s'étendant de l'un à l'autre, l'intérieur des fourneaux, vu dans sa coupe parallèle aux ouvreaux, représenterait assez bien la figure d'une poire partagée par le milieu de bas en haut. Suivant lui, cette forme, plus ou moins modifiée, produirait les résultats suivants : les larmes, dans les voûtes ordinaires, tendent toujours à glisser le long des parois de la ligne qui décrit le rayon du cercle. Je veux dire qu'une larme, qui se trouve perpendiculairement suspendue au-dessus du creuset, peut quelquefois revenir du côté des angles, si le four est carré, ou vers les points du cercle à la base géométrale des siéges, si le four est rond. Mais, quoique cette larme surpassât de quelques centimètres le milieu du pot, en tirant vers les ouvreaux, il faut qu'infailliblement elle s'y plonge. Or, si cette même larme était attirée par une autre ligne courbe, opposée à celle qui part de la circonférence des siéges, il est indubitable qu'elle suivrait le plan sur lequel elle s'incline. Ce qui arrive pour les parois des ouvreaux, arriverait aussi pour l'enfoncement ou la courbure dont je parle. Le milieu de la voûte serait, pour ainsi dire, le point de centre des larmes qui se trouveraient un peu plus de son côté, de manière que cette convexité, au milieu et au haut d'un fourneau concave,

(1) Les larmes altèrent la transparence et la blancheur du verre, ce qui fait que, dans les fabriques de cristaux, on ne peut travailler à pots découverts ni au charbon.

pourrait servir de point attractif des larmes de la voûte. Au premier aperçu, il semblerait que la construction d'une voûte à calotte recourbée serait d'une grande difficulté ; je crois avoir fait disparaître presque tous les obstacles en donnant aux briques qui doivent terminer le milieu de la voûte une forme particulière. Je voudrais, ajoute-t-il, que ces briques eussent le double avantage de décrire l'abaissement dont je parle, tout en augmentant la solidité de la couronne. Elles devraient donc être toutes de différentes grandeurs, les plus petites dépassant de 12 à 15 millim. (5 à 6 lignes). Celles avec lesquelles on aurait commencé la voûte seraient placées les premières ; ensuite les autres viendraient : toujours se dépassant progressivement vers le centre de la voûte, elles formeraient la ligne courbe renversée, sans défigurer en rien la structure extérieure du fourneau, que l'on couvrirait de la chemise et de l'enduit ordinaire : il est aisé de voir que les briques qui doivent être au milieu et former l'abaissement, doivent être très-longues.

Quant aux voûtes demi-sphériques ordinaires, M. Bastenaire-Daudenart indique la manière suivante, qu'il dit être d'une grande précision : Lorsqu'on est parvenu à la voûte, on attache une planche de 3 centim. (1 pouce) d'épaisseur au pieu dont nous avons parlé, et qui fait fonction d'une espèce d'arbre tournant. On trace, sur la partie du champ qui doit servir de modèle à la voûte, une courbe qui doit absolument représenter, mais d'une manière convexe, la ligne que le dôme du four devra décrire dans sa concavité ; on fixe ensuite cette planche sur le pieu à la hauteur convenable, et la courbe décrite sur la planche vers le côté du dôme, de façon que le constructeur, à chaque brique qu'il applique, présente la planche à son ouvrage. Celui qui est placé à l'intérieur doit tourner souvent la planche qui représente la courbe, afin de s'assurer si l'on est parfaitement juste sur tous les points.

Au centre de la voûte qui correspond au milieu du fourneau, on doit ménager une ouverture de 12 à 16 centim. (4 à 6 pouces) en carré, afin de livrer passage à la flamme et à la fumée. Lorsque tout est terminé, on recouvre la couronne d'une maçonnerie en briques ordinaires, et on l'enduit d'une couche de terre mêlée de sable de 25 à 30 mill. (11 à 13 lignes) d'épaisseur : c'est ce qu'on nomme *habiller le four*. Malgré que ces fours aient toute la solidité nécessaire, on n'en est pas moins obligé de les consolider en plaçant, à l'intérieur, des barres de fer dont une extrémité est fixée dans les fondations, et à l'extérieur des bandes de fer circulaires très-

fortes. Le cendrier A, fig. 20, doit être surtout bien soutenu ; c'est pour cela qu'on y place, près de la grille B et sous les cintres, des barres de fer très-grosses tournées en arc, lesquelles sont soutenues par d'autres également en fer D D, même figure. Enfin, pour plus de solidité, on construit des colonnes en briques C C, bâties sur le sol, afin de s'opposer à tout éboulement. Les siéges doivent reposer sur ces deux colonnes. Les foyers B (fig. 10) sont les parties du fourneau qui se trouvent sur les côtés, et qui sont diamétralement opposées l'une à l'autre ; ils sont conservés dans le mur de circonférence, et précédés, à leurs parties supérieures, d'un cintre à la hauteur de 1m.20 (3 pieds 8 pouces) du sol. C'est au-dessus de ce cintre que sont placées les autres cendrières des fourneaux à bouteilles.

Comme c'est par les foyers qu'on introduit les pots, leur grandeur doit être relative à celle de ces derniers ; lors des fontes, on les retient au moyen d'une bâtisse qu'on nomme *fausse claie*, de façon à ne leur laisser, pour l'introduction du combustible, qu'une ouverture de 30 à 32 centim. (11 à 12 pouces) de hauteur sur 35 ou 36 centim. (13 pouces environ) de largeur.

DIMENSIONS D'UN FOUR

Proposé par M. Bastenaire-Daudenart.

L'auteur dit que la construction de ce four fut longtemps l'objet de son attention, et qu'il est remarquable tant par la promptitude avec laquelle il produit une fusion complète, que par la beauté des produits ; voici ses proportions :

	Mètres.	Centim.
Il doit avoir en carré.	2	36
La grille en longueur.	2	50
La même grille en largeur.	»	42
Hauteur pour arriver aux siéges.	»	88
Hauteur des siéges aux ouvreaux.	»	77
Hauteur des murs des siéges.	1	»
Hauteur de la grille à la couronne. . . .	2	90
Hauteur de la grille aux lunettes des arches cendrières.	2	12
Diamètre des lunettes.	»	16
Hauteur de la grille aux lunettes des arches à pots.	»	95
Diamètre des lunettes des arches à pots. .	»	18
Hauteur de la grille aux cintres des foyers.	1	05
Largeur des tonnelles où sont placés les foyers.	»	80

Ce fourneau de fusion était alimenté par du charbon de terre donnant beaucoup de flamme et un résidu ou *braise*, ne répandant presque point de chaleur, tel que celui du Forez, des mines d'Anzin, de Graissesac, de la Caunette, de Bize, etc. Si le charbon donnait, au contraire, peu de flamme, et la *braise* plus de chaleur, on devrait baisser la voûte, rétrécir le diamètre des lunettes, et placer des tuiles aux ouvreaux pendant la fusion des matières.

Pour les fourneaux destinés à brûler des combustibles qui, par leur combustion, ne produisent pas beaucoup de flamme, l'auteur précité recommande les dimensions suivantes :

	Mètres.	Centim.
Diamètre du four.	2	60
Largeur de la grille.	»	42
Hauteur de la grille aux sièges.	»	80
Hauteur des sièges aux ouvreaux. . . .	»	82
Hauteur des murs des sièges.	1	30
Hauteur de la grille à la couronne. . . .	2	42
Hauteur de la grille aux lunettes des arches cendrières.	2	10
Diamètre des lunettes.	»	16
Hauteur des sièges aux lunettes des arches à pots.	1	5
Largeur ou diamètre des lunettes.	»	19
Hauteur de la grille au cintre des tonnelles.	1	»
Largeur des tonnelles.	»	85

Ces proportions, ajoute-t-il, donnent des fourneaux dont le tirage est excellent. Dès que la construction en est terminée, on les laisse sécher pendant quatre ou cinq mois et même six, suivant la saison où l'on se trouve. Mais si l'on veut créer une verrerie ou que l'on ait un besoin urgent d'un fourneau, l'on peut le sécher de la manière suivante : On allume du feu au dehors à 3m.30 ou 4 mètres (10 ou 12 pieds) de distance, dans la direction du foyer ; on augmente, et l'on rapproche graduellement ce feu pendant environ quinze jours ; c'est alors qu'on le fait entrer au bord de la grille en y jetant peu à peu quelques morceaux de bois allumés, mais en petite quantité, de loin en loin et à très-petite flamme. L'on continue ainsi pendant quinze jours ; c'est alors qu'on augmente un peu la flamme et le feu ; mais lorsque la chaleur a pénétré les murs de construction, de manière à ce qu'on en éprouve les effets en touchant la surface extérieure, on augmente alors le feu au point

de faire aller la flamme jusque sur les sièges, mais pas au-delà : ce n'est qu'au bout de huit jours qu'on augmente encore le feu ; enfin ce n'est, dit-il, qu'après cinquante jours, à compter du premier qu'on a fait le feu, que la flamme peut, sans danger de faire sensiblement crever le fourneau, se montrer dehors par les ouvreaux ; on l'entretient en cet état pendant sept à huit jours, et l'on porte ensuite graduellement l'élévation de température jusqu'à 10 ou 12,000 degrés de Réaumur, et on l'y entretient pendant plusieurs jours, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'on reconnaisse que le fourneau est bien cuit. On le laisse alors refroidir jusqu'à environ 35 ; on détruit les fausses claies des tonnelles, etc., et l'on introduit les pots dans le four de fusion. Avant de faire connaître la manière d'opérer cette introduction, nous croyons devoir décrire le four suivant qui nous a paru offrir beaucoup d'intérêt.

Fours à étendre les manchons de verre à vitre et à sécher les billettes, *ou bûches préparées pour chauffer le fourneau de fusion.*

M. Malherbe, propriétaire des verreries de Cirey (Meurthe), a inventé des fours adaptés au fourneau de fusion et qui sont chauffés par la chaleur surabondante de ce dernier, sans avoir besoin de consommer plus de combustible.

Les figures 3, 4 et 5 en représentent le plan, la coupe et l'élévation : l'échelle est de 5 millim. pour 33 centim. (2 lignes pour pied).

A B, ligne suivant laquelle est faite la coupe, fig. 12.

C, fourneau de fusion contenant huit creusets.

D, lunettes du fourneau.

E, échauffes qui reçoivent la chaleur par les lunettes. On ne doit pas changer les dimensions de celles-ci, qui sont ordinairement et partout de 7 centim. (2 pouces 1/2) de largeur sur 13 centim. (5 pouces) de hauteur, mesurées dans le four. L'expérience m'a prouvé, dit l'auteur, que cette ouverture était la plus propre à économiser le combustible, tout en donnant un haut degré de chaleur aux *carcassières*, c'est-à-dire au four à dessécher les *billettes*.

F, conduits de chaleur qui, partant des échauffes E, règnent dans l'épaisseur des murs, et vont aboutir sur les côtés et dans le mur de séparation des deux *carcassières*. Ils débouchent en faisant un crochet de haut en bas, à la distance d'environ 33 centim. (1 pied) du pavé, afin que les *billettes* ne puissent pas y tomber.

G, registres ou soupapes en tôle de fer, à l'aide desquels on règle à volonté la quantité de chaleur à introduire dans les carcassières. Ces soupapes ont des tiges en fer qui glissent dans l'épaisseur des murs, et sont prolongées jusque hors du four, de manière que le bois n'en gène point le mouvement.

H, portes des carcassières pour charger et décharger les billettes. On voit qu'il y en a des deux côtés. Une petite ouverture de 16 centim. (6 pouces), fermant avec une coulisse, est pratiquée au milieu : c'est par là que les ouvriers examinent de temps en temps la situation de l'intérieur des carcassières, sans en ouvrir les portes. Celles de devant ont, dans le bas, une coupure de 3 centim. (1 pouce) de hauteur sur toute la largeur de la porte ; ce déjoint est rattaché à la porte par des charnières. On le tient levé pendant les douze ou quinze premières heures de la dessiccation, afin de donner un courant aux vapeurs qui se dégagent du bois ; on le ferme ensuite, et la dessiccation continue à vaisseau clos, sans qu'il y ait eu le moindre danger d'allumer le bois ; car ayant mis le feu au bois, les portes étant ouvertes, il s'éteignit subitement lorsqu'on les referma.

I, coulisses en fer pour intercepter la chaleur des échauffes E avec les carcassières.

K, entrée dans les carcassières de la chaleur des caves à débraiser. Elles sont pratiquées dans l'épaisseur du mur qui sépare les deux carcassières ; elles ont la forme d'un cône dont le grand diamètre, correspondant au sommet de la voûte inférieure, est de 50 centim. (18 pouces), et le diamètre supérieur de 33 centim. (1 pied). Ces cônes doivent être droits afin que s'il y tombait des *billettes*, elles pussent glisser jusque dans la cave.

L, première carcassière.

M, deuxième carcassière.

Chacune peut contenir 225 mètres (700 pieds) cubes de billettes.

N, ouvertures de 38 centim. (14 pouces) carrés, pratiquées au sommet de la voûte de chaque carcassière ; on les ferme avec une pierre recouverte de terre glaise pendant la chauffe, et on les ouvre au moment où l'on va retirer le bois. Quinze minutes de refroidissement suffisent pour qu'un homme puisse, étant dans la carcassière, la vider et la remplir, sans être incommodé de la chaleur.

FOURS A ÉTENDRE.

Ces fours occupent la partie de droite du fourneau de fusion.

O, conduits de la chaleur des échauffes à la chambre à refroidir P.

Q, conduits de la chaleur des échauffes à la chambre à étendre R.

S, chambre mobile à refroidir. Il y a une plate-forme élevée au niveau du four à étendre, sur laquelle on pose six fours modèles à refroidir. Ces fours sont formés de châssis en fer, garnis intérieurement de maçonnerie : ils doivent pouvoir contenir le verre de huit pots ; comme ils sont montés sur des rouleaux, et que la plate-forme est bien nivelée et parquetée, le déplacement s'en fait sans peine.

Tout le reste du four à étendre, la galerie pour introduire les manchons, ainsi que la partie du four à refroidir qui contient la pierre, sont immobiles; il n'y a absolument que la partie où l'on dresse le verre qui se meut à volonté, afin de lui donner le temps de refroidir plus loin et graduellement, pour éviter que le mouvement de la caisse à refroidir ne casse le verre, ce qui n'est pourtant pas à présumer, puisqu'une caisse pleine ne se remuera que d'une quantité égale à sa largeur et sur un parquet bien uni ; l'on pratiquera au fond une rainure de 19 à 22 centim. (7 à 8 pouces) de large et de 15 millim. (6 lignes) de profondeur, pour y appuyer le pied des feuilles de verre, dont la tête sera soutenue par des barreaux de fer que l'on glissera de distance en distance, comme cela se pratique déjà. On aura soin aussi, pour fermer la caisse à refroidir, d'y introduire un volet de haut en bas, avant de la détacher du four, et d'y en substituer une autre. C'est au moyen de ce même volet qu'on retirera le verre hors des caisses, quand, au bout de cinq à six jours de refroidissement, on jugera qu'on peut le mettre en magasin.

T, couloir par où l'on introduit les manchons dans le four à étendre.

t, cheminée par où s'échappe la fumée provenant du fourneau de fusion, après avoir traversé les échauffes. Dans ces cheminées, l'on pratique un tube conique qui traverse le plancher, et va prendre l'air par-dessous : ces tubes doivent avoir, à leur entrée dans les cheminées, les deux tiers des dimensions de celle-ci, et n'être engagés dedans que de 3 centim. (1 pouce).

V, plate-forme parquetée sur laquelle on fera rouler les manchons à refroidir.

U, châssis sur lesquels on rangera les manchons que l'on devra étendre.

X, rampes du four pour monter aux échauffes.

Y, piliers qui supportent la charpente et la couverture de la halle.

Le travail des fours à étendre ne peut se faire que pendant le temps de la fonte, et, chaque fois, une heure après le renfournement, parce qu'en commençant, les vapeurs sont trop épaisses. Il ne faut que dix heures pour étendre le travail de huit pots en verre à vitre ordinaire, et treize heures quand c'est du verre de Bohême ; mais comme la durée de la fonte du verre ordinaire est de seize heures, tandis qu'il en faut trente pour celui de Bohême, les étendeurs auront toujours du temps de reste. Chaque caisse à refroidir étant calculée pour contenir à peu près le travail de huit pots, six caisses suffiront pour un four.

Avec ces nouvelles *carcassières*, les tireurs ont bien moins d'ouvrage qu'avec les anciennes : ils n'ont plus ni de gros bois à conduire, ni de soins à donner au foyer particulier, qu'avaient les anciennes *carcassières*. Les *billettes*, beaucoup mieux et plus promptement desséchées, se trouvent, au sortir des étuves, toutes transportées auprès du fourneau de fusion.

Les accidents, qui arrivaient fréquemment, ne sont plus à craindre. Le service de ces nouvelles carcassières se bornant à brûler du bois et à le ranger, tout manœuvre y est propre dès le premier jour.

Les propriétaires des verreries y trouvent aussi de grands avantages. J'estime, dit M. Malherbe, que l'économie d'un four peut être portée à sept cents voies de bois par an. Comme tous les essais ont été faits avec du bois vert ou flotté de la veille, il résulte qu'il n'est pas nécessaire d'en faire de grands approvisionnements, et qu'on a le bénéfice d'un capital considérable. La dessiccation complète des *billettes* ayant lieu en moins de soixante heures, et le contenu des quatre carcassières étant de 910 mètres (2,800 pieds) cubes, cette quantité sera plus que suffisante, fût-ce même un four à glaces, pour l'alimenter pendant le même temps.

Les fours à étendre donnent aussi de grandes économies : il ne faut pas de chauffeurs particuliers pour cet objet, puisque les fours sont chauffés par la chaleur surabondante du fourneau de fusion : on n'est point exposé à y brûler de bois en pure perte. Il arrive souvent qu'une fonte, qui s'annonce

bien, trompe cependant les espérances, que le verre se trouve bouillonneux, pierreux, cordelé; on est alors obligé de le tirer à l'eau, et tous les préparatifs du four à étendre deviennent inutiles. Il arrive encore que, pour épargner l'étendage, on fait tirer à l'eau du verre qu'on trouve défectueux. Mais comme, suivant cette nouvelle méthode, il n'en coûte ni plus ni moins, soit qu'on étende, soit qu'on n'étende pas, on met tout le verre en manchons, défectueux ou non.

M. Malherbe évalue l'économie annuelle pour cet objet, au moins à quatre cents voies de bois de 52 mètres (160 pieds) cubes chacune.

Il y a aussi économie pour l'emplacement : le fourneau de fusion, les *carcassières* et les fours à étendre, réunis ensemble, n'exigent pas plus d'emplacement que n'en exigeait autrefois un seul de ces objets : une halle ordinaire suffira.

Les frais de premier établissement ne sont pas en proportion des avantages qu'on en retirera. Les débris, provenant de la démolition des anciens fours à étendre, des anciennes *carcassières* et même des bâtiments qui les renferment, serviront à construire le nouveau fourneau, qui est l'ouvrage de trois maçons pendant trois mois.

Aux avantages déjà mentionnés, qui résultent de l'emploi du nouveau four à étendre, il faut ajouter les suivants : 1° Un seul remplace et tient lieu de la multiplicité des autres fours qui étaient toujours au moins au nombre de quatre; leurs pierres à étendre, continuellement exposées aux alternatives du froid et du chaud, avaient besoin d'être renouvelées souvent : cet inconvénient n'existe pas dans le foyer du nouveau four, puisque les pierres ne sont jamais refroidies.

ENFOURNEMENT DES POTS OU CREUSETS DANS LES ARCHES ET DANS L'INTÉRIEUR.

Il est d'abord indispensable de faire observer que les pots ou creusets doivent être conservés dans un lieu dont la température soit constamment de 30 à 36 degrés. Lorsqu'on veut remplacer ceux qui commencent à être hors d'usage, on les place dans les arches, c'est-à-dire dans celles qui ont un foyer particulier indépendant du four de fusion ; on les dispose à une petite distance les uns des autres en faisant reposer leur fond sur une petite élévation de 5 centim. (2 pouces), que l'on produit au moyen de quelques petites briques; par ce moyen la flamme circule autour et au-dessous des creusets ; l'on bâtit ensuite la porte qui a servi à introduire les pots, en laissant à la partie supérieure une ouverture carrée de 22

cent. (8 pouces) pour donner passage à la fumée et examiner les creusets. Cela fait, on allume le feu, et on l'augmente graduellement jusqu'à ce que les creusets soient d'un rouge cerise. Quand on sort les pots ou creusets des arches, on rejette ceux qui sont fendus ou fracturés. On connaît qu'un pot est fendillé, lorsque les ouvriers l'ont sorti de l'arche au moyen de certains outils convenables, principalement le grand *moise;* ils le frappent alors sur divers points avec la *cordeline*, et par la qualité du son, l'on juge de l'état du creuset.

Lorsqu'on fait cuire (attremper) les creusets ou pots dans les arches, on doit boucher auparavant les lunettes au jet de la flamme, pour que la température de l'arche diminue au point d'être réduite à 35 degrés centig., qui est celle des creusets qu'on se propose d'y placer. Après que les creusets ont resté ainsi pendant une ou deux heures, on ouvre un peu la lunette, afin que le calorique puisse y pénétrer; on élargit cette ouverture quelques heures après, et lorsqu'on est convaincu que tous les creusets sont uniformément chauffés, on augmente alors la chaleur jusqu'à la rendre très-intense: c'est de cette graduation et de cette intensité de calorique que les succès de cette opération dépendent. Il est bon de faire observer que, pendant que les creusets s'échauffent, on doit laisser tomber le feu du grand four, afin de le mettre, autant que possible, au niveau de la température de l'arche où sont les creusets. On démolit alors les fausses claies des *tonnelles* ; on tire les vieux pots, et on les remplace rapidement par les nouveaux, dont on s'est auparavant assuré de la bonté par le moyen que nous avons déjà indiqué. Dès qu'ils sont bien assujettis sur les sièges, on reconstruit les fausses claies, et l'on allume de nouveau le feu en l'augmentant graduellement au point qu'en sept à huit heures les creusets deviennent incandescents. Ils sont alors à leur point de confection.

M. Bastenaire-Daudenart conseille, avec juste raison, de ne fondre, pour la première fois, dans ces creusets, que du *groisil* ou *calcin*, afin que la silice et l'alumine ne soient pas attaquées par les alcalis. Par ce moyen, le creuset devient beaucoup plus dur, et par conséquent bien moins attaquable. Sans cette précaution, il arrive que les pots étant, comme on dit en termes de l'art, peu *enverrés*, la partie de l'argile qu'ils cèdent au verre en trouble la transparence, et nuit, par suite, à sa qualité. Il arrive parfois que les creusets offrent des trous au fond ou sur les bords supérieurs. On les rebouche alors avec de l'argile et du ciment. Par ce moyen on peut

encore s'en servir pendant quelques jours, si cette réparation est bien faite. Nous avons oublié de dire que, pour plus de commodité pour le souffleur, et afin qu'il puisse arriver avec sa canne au fond du creuset, la partie supérieure, ou la bouche, doit se trouver à environ 15 centim. (6 pouces) plus bas que l'ouvreau.

FOURNEAU POUR LES GLACES.

Il est un fait bien reconnu, c'est que la perfection des glaces dépend en grande partie de celle des fourneaux. En effet, ce verre étant alcalin et dur, il est indispensable que les fourneaux qui y sont destinés soient parfaitement bien construits, et tirent très-bien. C'est en vain que le fabricant, pour obtenir une fusion plus aisée, y ajouterait un excès d'alcali ; cet excès serait nuisible, attendu que la beauté et les bonnes qualités des glaces n'exigent que les quantités de silice et d'alcali propres à former des silicates neutres, inattaquables par les acides, autres que par le fluorique. M. Loysel, dans son *Essai sur l'Art de la Verrerie*, a donné les principales dimensions d'un four de coulage de glaces, dont les proportions ont déjà servi de modèle dans plusieurs verreries, et dont l'expérience a justifié la bonté.

	Mèt.	Cent.
Volume de la capacité intérieure, lorsque les creusets n'y sont pas.	10	82
Volume des creusets	2	94
Différence ou volume de l'espace rempli de flamme	7	88
Surface des ouvertures qui donnent passage à l'air dans le foyer, lorsqu'il est alimenté en bois, et que le feu est en pleine activité.	»	30
Surface des mêmes ouvertures, lorsqu'il est alimenté avec de la houille.	»	34
Surface des ouvertures qui donnent issue à la flamme, lorsque le feu est en pleine activité . . .	»	37

Ce four brûle par an :

	Quintaux.		Myriagr.
Bois de hêtre sec	45,000	ou	9,000
Ou bien :			
Houille des fosses d'Anzin, près de Valenciennes	28,000	ou	5,600

Ces fours doivent être construits comme ceux pour les meilleurs verres ; ils doivent avoir à leur extérieur, et attenant à chacun de leurs angles, quatre fourneaux nommés *arches* qui communiquent, comme nous l'avons dit ailleurs,

au four par leur intérieur. Trois de ces arches servent à recuire les creusets, aussi les nomme-t-on *arches à pots*, fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, A A A ; la quatrième A M porte le nom d'*arche à matières*, parce qu'elle est destinée à leur dessiccation avant leur enfournement. Outre son ouverture principale nommée *gueule*, chacune de ces arches en a une autre connue sous le nom de *bonnard* S S, par laquelle, lorsqu'on le juge convenable, on fait du feu dans l'arche pour recuire les pots ou creusets.

Un four à fusion pour glaces dure de douze à quatorze mois ; la durée des arches va au-delà de trente ans ; on n'a donc besoin que de reconstruire les fours, et de les bien lier aux arches.

Nous allons présenter maintenant la description des fourneaux de verrerie des formes les plus modernes et entre autres celle des fours à la houille inventés par M. Dartigues auquel l'art de la verrerie doit de si nombreux perfectionnements. Nous empruntons en partie ces descriptions à l'atlas qui accompagne le *Traité de Chimie appliquée aux Arts*, de M. Dumas, au recueil des brevets expirés, ainsi qu'à d'autres ouvrages en langue étrangère qui traitent de la verrerie.

Four à vitres, à la houille, d'après M. Dartigues.

Fig. 71, élévation ; fig. 72, plan au niveau de la grille ; fig. 73, coupe en A B ; fig. 74, plan suivant la ligne A B, fig. 73 ; fig. 75, coupe en D E ; fig. 76, coupe en G H ; fig. 77, coupe suivant la ligne F ; fig. 78, élévation du corps du four pour montrer de face la disposition extérieure des ouvreaux.

Ce four est à huit pots ; on peut y fondre et travailler en vingt-quatre heures 1,500 à 1,750 kilog. de matière à verre à vitre, en brûlant 1,800 kilog. de houille. Celle-ci ne doit pas être trop cassante ; il faut aussi qu'elle ne décrépite pas au feu.

La figure 73 montre les principales dispositions de ce four : C, grille du foyer ; E E, portes pour le charger ; D, cendrier ; I I, pots ou creusets ; F F, voûtes placées au-dessous des arches ; N N, conduits par lesquels la fumée passe dans les arches. Ces conduits se voient mieux dans la figure 74, sous les lettres P P, où l'on aperçoit la disposition des quatre arches, ainsi que celles de leurs ouvertures S S S S, par où la fumée s'échappe.

Four à vitres, au bois, d'après M. Dartigues.

La figure 79 montre l'élévation du four ; la figure 80, le

plan au niveau des pots; la fig. 81, une coupe prise en travers d'un des pots. Les pots ou creusets sont ovales, ce qui économise la place dans le four. En face de chaque ouvreau se trouve un tréteau sur lequel se placent les ouvriers. A hauteur d'appui, et à la droite du maître ouvrier, se trouve une auge carrée remplie d'eau et une fourchette en fer. Il place sa canne sur la fourchette, et la rafraîchit au moyen de l'eau contenue dans la caisse toutes les fois que cela est nécessaire. Sur le plancher et au-dessous de la caisse se trouve le marbre ou *mabre*, bloc de bois de hêtre dans lequel on a creusé plusieurs demi-poires.

Pour obtenir 100 de verre en poids, on brûle 200 de bois en poids, tel qu'il vient de la forêt. On fait de trente à trente-quatre travaux en 30 jours.

Fig. 82, creuset sur une plus grande échelle.

Fig. 83, marbre sur une plus grande échelle.

Four à étendre les vitres.

Fig. 84, 85, 86, 87, 88 et 89, four à étendre les vitres.

La figure 88 montre le plan du four au niveau du tisard. La figure 89, le plan pris au niveau de la tôle du four à étendre et du four à recuire les vitres. La figure 86 est une coupe en C D. La figure 87, une coupe en A B. La figure 85 est une élévation du côté de l'ouverture de la trompe, et la figure 84, une autre élévation du côté de la porte du fourneau à recuire. Pour échauffer le four, on charge le tisard par les deux bouts. Quand on veut étendre, on ne laisse qu'une petite ouverture du côté du four à étendre, par laquelle on met une bûche de temps en temps. La flamme du tisard se répaud dans les deux fours par les ouvertures *e e e e e e*. Fig. 89. Cette figure montre en E E la trompe par laquelle arrivent les cylindres de verre; en F se trouve la lagre sur laquelle on les étend. Le travail se fait par une porte placée en C, fig. 86. On pousse les vitres dans le four à recuire, où, par la porte L L, on les redresse en les appliquant sur des barres de fer placées en I.

Four à boudines, fig. 90 et 91, four à verre en tables, d'après M. Dartigues.

Fig. 92, élévation du four disposé pour le travail.

Fig. 93, plan du même four pris au niveau des creusets.

Les principales dispositions de ce four sont semblables à celles du four à vitres.

Fig. 94, coupe en A B du four à étendre le verre en tables.

Fig. 95, plan du même four pris au niveau des places d'étendage.

E E, trompe pour conduire les cylindres; F, plaque du four à étendre; J, place où se met l'étendeur; H, ouverture pour passer les tables de verre dans le four à recuire en G; CC, porte par laquelle on pousse les tables de verre de F en G; L, baguettes de fer qui servent à soutenir les tables à recuire.

Four à glaces coulées.

Fig. 96, élévation du four du côté des ouvreaux.
Fig. 97, élévation de la tonnelle.
Fig. 98, coupe suivant la ligne A B.
Fig. 99, plan au niveau du foyer.
Fig. 100, plan au niveau des arches.
Fig. 101, coupe suivant la ligne C D.
Fig. 102, détail de la fermeture de la tonnelle.
Fig. 103 et 104, pièces qui ferment les ouvreaux.

La fig. 100 montre les principales dispositions de ce four : A est le foyer que l'on charge en bois par les ouvertures ménagées à la tonnelle, fig. 102; C est le siége sur lequel se placent les pots et les cuvettes; B, le plan incliné par lequel ce siége vient se réunir au foyer; D D, creusets ou pots à fondre la matière; E E, cuvettes dans lesquelles la matière se prépare au coulage; F F F, ouvreaux; L L, arches à cuire les pots et les cuvettes; P P, creusets; S S, cuvettes qui cuisent; H H, lunettes ou conduits par lesquels la flamme passe dans les arches. Les arches vides sont destinées à fritter les compositions pour le verre.

L'ouverture A, fig. 97, nommée *tonnelle*, sert à enfourner les pots. Elle est fermée ensuite, sauf une ouverture carrée que l'on voit fig. 102, et qui sert de tisard pour jeter le bois sur l'âtre. On forme la tonnelle par le haut avec des briques, et par le bas avec des pièces *a*, *b*, *cc*, *dd*, dont la disposition est indiquée en élévation et en plan.

Les ouvreaux sont fermés par des tuiles, fig. 103 et 104, munies de trous qui servent à les enlever ou à les placer avec des fourches en fer.

Four de verrerie allemand pour bouteilles, chauffé au bois, d'après M. Dartigues.

Fig. 107, plan au niveau des siéges.
Fig. 108, plan au niveau des arches.
Fig. 105, coupe suivant la ligne A B.
Fig. 106, coupe suivant la ligne C D.

Dans la fig. 108, G N sont les fours à fritter les matières; M M M M seront soit des fours à recuire, soit des fours à

fritter, soit des fours à cuire les pots. Leur emploi varie selon les besoins et les localités.

Four à boudines, chauffé au bois, d'après M. Dartigues.

Fig. 109, coupe selon la ligne A B.

Fig. 110, plan à la hauteur des ouvreaux.

Ce four peut servir à la fabrication des bouteilles, à celle du verre à boudine, ainsi qu'à la fabrication de la gobeletterie commune.

Les pots *a*, *b*, *c*, et leurs ouvreaux C C C, sont disposés pour gobeletterie commune.

Les pots *d*, *e*, *f*, et les deux ouvreaux D, E, sont disposés pour verre à boudine, savoir : l'ouvreau D, pour commencer le plat, et l'ouvreau E pour l'achever.

Le pot intermédiaire *e* est destiné à préparer la matière. Les figures 90 et 91 se rapportent à ce même four. La figure 90 est une coupe prise en A B, et la figure 91 présente deux plans. Dans la partie supérieure de la figure, le plan est pris au niveau des arches; dans la partie inférieure, le plan est pris au niveau de E E, fig. 90.

A' B' C' D' E' F' G' H' I', de la planche 30, montrent la façon du verre à boudine ; la boule soufflée en E', puis aplatie en F' et coupée en G', est fixée sur la canne par son côté plat. On agrandit l'ouverture, et on étale la pièce en disque. On peut procéder d'une autre manière qui a été indiquée dans le texte.

Four à cristal, au bois.

Fig. 111, élévation dans le sens de la longueur ; fig. 112, plans au niveau du sol et au niveau du tisard; fig. 113, plans au niveau des sièges et à 20 centim. (8 pouces) au-dessous des pots; fig. 114, coupes en A B et en C D de la fig. 112; fig. 115, coupe en EF de la fig. 113; fig. 116, coupe en GH de la fig. 113.

x, trou par lequel les braises allumées tombent dans le cendrier.

y, cendrier ou brasier.

z, encaissement de 5 centim. (2 pouces) au fond du four, pour retenir les scories des cendres vitrifiées, que l'on tire après la fonte, par le trou *x*.

r, porte par laquelle on nettoie la sole des cendres qui s'y accumulent.

s, *s*, *s*, *s*, etc., ouvertures par lesquelles on met les pots, et d'où on les retire quand on veut les changer pour en remettre de neufs.

c, *c*, *d*, sièges formés de briques massives ou pierres de siège destinées à soutenir les pots.

h, *h*, *h*, *h*, pots figurés à leur place.

u, u, trous par lesquels passe la flamme du four, pour échauffer les chambres et galeries à recuire le cristal.

g, g, portes des chambres à recuire le cristal.

i, i, chambres à recuire les grandes pièces et celles que l'on a laissées épaisses pour les tailler à grandes saillies.

f, f, galeries à recuire le cristal avec les bancs de fer, sur lesquels glissent les ferrasses, ou supports des pièces de cristal.

d, d, barres de fer très-fortes, pour retenir les murs du fourneau.

v, v, v, ouvreaux ; les uns sont ronds et servent aux ouvreurs ou maîtres ouvriers, ceux qui ont une forme elliptique servent aux souffleurs. Au-dessous des ouvreaux, on aperçoit les trous dans lesquels les souffleurs font chauffer le bout de leur canne à souffler le verre.

p, p, canal que l'on pratique aux grands fours, pour donner de l'air à la flamme au milieu du four. On n'en fait pas dans les fours à douze ou seulement à huits pots.

q, q, fig. 115 et 116, ouverture par laquelle on met les *billettes*, (bois de chauffage fendu et séché.)

La maçonnerie des fours à cristal est de cinq espèces :

m ¹, en pierres ordinaires, ou si l'on veut, en briques et mortier ordinaires.

m ², en brique ordinaire, cimentée avec un mortier fait d'argile cuite, mêlée avec de l'argile crue.

m ³, briques d'argile très-réfractaire.

Les pierres de siège sont faites avec de l'argile bien épluchée, comme pour les pots ; mais on y emploie le ciment plus gros que pour les pots.

m ⁴, briques faites avec moitié sable et argile réfractaire.

m ⁵, garnissage en épluchures de briques pour le haut du four, afin qu'il garde mieux la chaleur.

Four à cristal, à la houille, d'après M. Dartigues.

Fig. 117, élévation ; fig. 118, vue de face du côté du tisard ; fig. 119, coupe suivant la ligne L L ; fig. 120, coupe suivant la ligne K K ; fig. 121, plan au niveau des sièges.

Dans la figure 121, on voit en C, la grille qui supporte la houille ; D D, sont les sièges qui viennent joindre la grille par un talus ; E E, creusets couverts représentés plus en détail dans la figure 122 ; F F, ouvreaux ; G G, cheminées.

Dans la figure 119, M M, sont les chambres à recuire.

Four allemand pour verre creux.

Voici encore la description et la figure d'un four allemand,

à fabriquer ce qu'on appelle dans ce pays le verre creux, c'est-à-dire, tous les articles creux tels que : bouteilles, gobeletterie, bocaux, globes de lampes, tubes, vaisseaux chimiques en général, depuis le plus beau verre de Bohême à grains, jusqu'aux bouteilles les plus communes.

Les dispositions ordinaires d'un four allemand à verre creux, ont été représentées dans les figures 105 à 108.

Ce four est carré et à six pots, et peut servir à la fabrication de tous les verres du genre indiqué.

La figure 123 représente une section horizontale à la hauteur des sièges.

La figure 124, une section perpendiculaire, par le cintre des ouvertures de tirage.

La figure 125, une autre section perpendiculaire transversalement aux sièges.

La figure 126, une vue en élévation par devant, avec coupe de l'arche à fritte.

Il y a quatre arches latérales attachées au four principal A, sous la forme de quatre ailes, savoir : deux arches à recuire B B, et deux à fritter C C. Au-dessus des fondations dans lesquelles sont ménagés des conduits d'égouttage et d'assèchement *x*, *x*, *x*, on a établi la sole ou pierre *w*, qui constitue le plancher du four. Les deux foyers avec leurs grilles *m*, *m*, sont situés au-dessus des cendriers *y*, *y*, et opposés l'un à l'autre ; on les alimente de combustible par les cintres *b*, *b* et *d*, *d*, tandis que leurs flammes viennent se réunir sur le milieu de la sole, fig. 125, et entrent ensemble dans l'espace *a*, *a*, occupé par les pots *u*, *u*, *u*, *u*, puis sont réverbérées par les quatre parois de la voûte et s'échappent enfin à travers les carneaux *c*, *c*, de 20 centim. (8 pouces) de largeur, dans les fours latéraux, dont deux, C, C, peuvent être chauffés par des foyers distincts K,K. Le registre S', fig. 126, sert à arrêter le passage de la flamme du fourneau A, quand cela est nécessaire.

Les cloisons *i*, *i*, *i*, *i* séparent les places occupées par les souffleurs, qui puisent dans les pots par les ouvreaux *e*, *e*, *e* ; immédiatement au-dessous, sont les ouvertures *p*, *p*, *p*, qu'on peut ouvrir pour enlever les pots qui sont brisés ou usés, de dessus leurs sièges où ils adhèrent souvent. Afin de retenir la chaleur dans le four, les ouvreaux sont faits aussi étroits qu'il est possible et bien plus petits que les pots ne sont grands, et par conséquent, quand il s'agit de changer ces derniers. on les enlève par les cintres latéraux, au nombre de deux dans tous ces fourneaux, et qu'on tient toujours maçonnés, excepté quand on en fait usage.

Des cheminées *l*, sont souvent élevées au-dessus d'un ou de plusieurs ouvreaux, pour enlever la chaleur et les vapeurs des pots, mais elles ne sont pas indispensables et on les supprime assez généralement. Les arches latérales sont accessibles par des portes S, S, S; le bois est placé sur des planchers à claire-voie Z, Z pour sécher; la voûte *v* est construite en briques ordinaires et les coins sont remplis de sable et de terre.

Fours accolés et à l'air chaud pour les glaces.

MM. Nicholson et Wadsworth, ont pris depuis peu une patente en Angleterre, pour la construction de deux fourneaux de verrerie accolés l'un à l'autre à l'intérieur d'une hotte conique, ainsi qu'on le voit en élévation et en plan dans les fig. 127 et 128 ; chacun de ces fours n'a qu'un tisage pour l'introduction du combustible, ainsi qu'on le voit en *t*, *t*, fig. 128. Au moyen de cette disposition, on diminue notablement la capacité du four comparée à l'aire des sièges T, T, et on réalise une concentration plus énergique de chaleur réverbérée et une économie de combustible, avantages qui sont encore augmentés par l'application de l'air chaud, lancé par une machine, dans le fourneau au-dessous de la grille, le cendrier ou puits ordinaire, à chaque extrémité du four, étant tenu fermé.

Du reste, il est étonnant qu'on n'ait pas, parmi les moyens économiques, songé plus tôt en France à l'emploi de l'air chaud dans les fours de verreries, application qui a déjà été faite depuis assez de temps en Allemagne, et qui a, dit-on, procuré une économie de 20 pour 100 sur le combustible.

Four à la houille pour les glaces, de M. Chance.

Les fabricants anglais ont surtout fait dans ces derniers temps, des efforts pour économiser le combustible dans la fabrication des glaces ; en effet si, comme quelques physiciens et verriers l'affirment, on perd plus de 90 pour 100 de la chaleur développée par le combustible dans les fours de verreries le plus communément en usage, on conçoit qu'il y a là un bien vaste champ ouvert aux perfectionnements et aux procédés économiques. Or, c'est pour arriver à cette économie, que M. Chance a imaginé des dispositions mécaniques pour économiser la houille dans la fabrication des glaces, dont nous allons donner une idée sommaire.

Fig. 129, section longitudinale et verticale du four.

Fig. 130, plan à la hauteur des sièges.

Fig. 131, plan à la hauteur des foyers.

Fig. 132, section transversale.

a, *a*, deux foyers, un à chacune des extrémités de la construction ; *b*, pont qui les divise ; *c*, *c*, voûtes sur lesquelles reposent les pots ; *d*, *d*, ouvreaux; *e*, *e*, ouvertures ordinaires pour charger ou travailler les cuvettes ou les pots ; *f*, *f*, tonnelles pour leur introduction comme on le fait habituellement. On a réservé des espaces entre les cintres *c*, *c*, à travers lesquels la chaleur et la flamme du foyer passe et circule autour des pots en s'échappant à travers les ouvreaux *d*, *d* en un cône. On voit donc qu'on s'est efforcé ainsi de mettre la chaleur dans un contact plus immédiat avec les pots, ainsi qu'on a tenté de le faire dans un four à flint-glass, mais d'une manière un peu différente.

Système de four et de creusets de verrerie combinés, dit à travail continu, *par M.* MORLOT.

C'est particulièrement dans la fabrication des bouteilles à vin de toute espèce, et celle des verres à vitres dans les fourneaux ordinaires marchant à la houille, que l'emploi du système qui va être expliqué offre, selon l'inventeur, breveté en 1844, des avantages que l'expérience et une exécution pratique sont venues confirmer.

La construction des fours de verreries à la houille, et celle des creusets pour la fabrication des bouteilles et des vitres, n'a pas permis, jusqu'à ce jour, de combiner simultanément deux espèces différentes de travaux, qu'on distingue dans les verreries par : « Temps de la fonte, ou travail de la fonte ; travail des ouvriers ou soufflage. » Ces deux opérations sont entièrement distinctes ; elles n'ont pu, jusqu'aujourd'hui, s'opérer que successivement.

Le nouveau système fait disparaître cette succession du travail des souffleurs au temps de la fonte. Par la combinaison du four et des creusets, par la disposition des arches à fritter, par le mode d'enfournement et de tisage, le soufflage et la fonte se font simultanément et constamment.

Il résulte de l'ensemble du fourneau et des creusets adoptés dans ce système, que, dans un four d'une dimension ordinaire et habituelle, on obtient, par un travail continu, un produit double.

A l'ensemble de ce système, se rattachent des économies importantes dans toutes les dépendances et tous les accessoires du four.

Les ouvriers verriers échapperont à l'action du calorique, qui, chez les uns, détruit la vue et hâte la vieillesse ; chez les autres, absorbe, avant l'âge, des forces dont ils sont privés de bonne heure par le maniement d'instruments très-

pesants, et par des mises de pots à tonnelle ouverte, qui les épuisent de bonne heure.

Le four est un quadrilatère. L'ensemble du système et du travail ne permet pas d'employer plus de quatre pots à la fois sur les deux sièges : ce nombre est de rigueur; il ne peut être augmenté qu'en faisant deux sièges de tonnelle pour y placer deux pots, comme dans les fours en cristal; mais cette augmentation nuirait au mode de travail adopté.

Fig. 133. Elle représente, dans la partie droite *aa*, la coupe en élévation de la ligne AA, fig. 137. Le creuset est d'un seul ensemble, à deux compartiments; la partie droite *b* est couverte d'un chapeau adhérent au creuset; son ouverture avancée s'ajuste dans l'ouvreau *g*. La partie couverte *b* est destinée à recevoir le verre au fur et à mesure que la fusion s'opère dans la partie découverte; c'est dans cette portion du creuset, dont la capacité a été difficile à déterminer, que se fait l'enfournement des matières, par un ouvreau *d*, placé au-dessus du tisard et un peu à droite. La matière fond à la surface du pot, coule le long des parois, jusqu'au fond du creuset, où des ouvertures pratiquées dans la séparation E lui permettent de passer dans la partie du creuset *b*.

La matière est cueillie par l'ouvreau *g*, et elle est proportionnellement remplacée par des charges successives et calculées avec la quantité du verre employée par le souffleur. La fonte de cent kilogrammes en composition s'opère dans le même temps qui est employé par le souffleur pour transformer en bouteilles d'un kilogramme cent kilogrammes de verre fondu.

La partie *bb* représente la coupe suivant la ligne B de la figure 137.

Les lettres I I I, etc., représentent les ouvertures des cheminées dans le four, et leurs lunettes d'introduction dans les arches à fritter F F.

K K K, etc., indiquent les cheminées de sortie des arches; elles excèdent le faîtage et portent la fumée du four à une assez grande élévation dans l'atmosphère.

E E représentent la séparation des deux compartiments du pot; on a éprouvé de bien grandes difficultés à établir et à joindre cette séparation aux parois du pot; on n'y est parvenu qu'avec beaucoup de peine et de temps.

E' représente la voûte du four (la couronne).

W' représente la naissance des places des souffleurs.

Les lettres T représentent, sur toutes les figures, les armatures des fours.

Fig. 134, élévation, du côté du tisard G, des lunettes d'arches à fritter H H, et des couvertures à enfourner *d d.*

Fig. 135, coupe du four suivant les lignes D D de la figure 136.

F indique la coupe longitudinale d'une arche; dans la figure 133, les mêmes lettres indiquent une coupe transversale.

La lettre M représente le pont.

N N N, etc., représentent les sièges; O O, les tisards; PP, la courbe des pots à la fosse; P' P', le chapeau du pot sur la partie *b*, fig. 133.

Fig. 136, *g g*, ouvreaux par lesquels l'ouvrier prend le verre dans le compartiment *b* du creuset P, fig. 135.

Fig. 137, plan du four, suivant la ligne A B de la fig. 133.

Les lettres Q Q Q, etc., représentent les grilles du foyer.

Fig. 138, plan du four, suivant la ligne C C' de la fig. 135.

Fours à cornues de verrerie, par M. Hutter.

M. Hutter, de Rive-de-Gier (Loire), a pris, en 1826, un brevet d'invention pour un nouveau système de fours à cornues pour les verreries, dont nous allons donner la description:

Fig. 139, vue de face.

Fig. 140, vue de côté.

Fig. 141, coupe par 1, 2, 3, 4 de la figure 143.

Fig. 142, coupe par 5, 6, 4.

Fig. 143, coupe par 7, 8.

Le but principal que nous nous sommes proposé d'atteindre par cette application nouvelle, a été une production plus grande dans une même usine, sans augmentation de capital.

Ce résultat, nous l'avons obtenu par l'adjonction des cornues de soufflage, qui suppriment les deux tiers des ouvertures pratiquées dans les anciens fours.

Jusqu'à présent, le nombre des souffleurs qui achèvent le manchon était limité au nombre d'ouvreaux, tandis qu'avec nos cornues nous pouvons occuper seize ouvriers avec des fours de huit à douze ouvreaux.

Le four indiqué en A est un four ordinaire et qui peut varier dans ses formes. Les cornues seules constituent l'application nouvelle.

A chacun des quatre angles du four sont placées deux cornues en *a* et *b*, fig. 143, communiquant entre elles par *c* et *d*, et recevant par le conduit *e* la chaleur du four à la hauteur indiquée en *f*, fig. 142; mais lorsque la flamme, qui vient du four, ne suffit pas entièrement à l'opération du soufflage, il

est adjoint, à chaque couple de cornues, une petite grille supplémentaire indiquée en *l*, fig. 140, qui permet de compléter régulièrement la quantité de flamme nécessaire.

Au-dessus des deux cornues placées à chaque angle du four, se trouve une cheminée *g*, fig. 139, dont l'orifice intérieur est indiqué en *m*, fig. 143, et qui sert d'appel à la flamme venant du four.

Par cette disposition, les ouvreaux *h*, fig. 139, 141, sont réduits au diamètre strictement nécessaire pour puiser le verre dans les creusets *i*, fig. 142, 143.

Les cornues sont spécialement affectées à l'allongement des manchons, et chacune d'elles est occupée successivement par deux ouvriers, dont l'un prépare, en dehors du four, la paraison du manchon qu'il va allonger dans la cornue, aussitôt que celui qui l'occupe a fini cette même opération.

Un aide sert à puiser le verre dans les creusets *i*, et suffit au soufflage de deux ouvriers occupant une cornue.

De cette manière et par une succession régulière de travail, les huit cornues permettront la participation, au travail de fabrication, de seize ouvriers souffleurs et de huit aides, et l'opération du soufflage qui, jusqu'à présent, nécessitait pour la fabrication de deux mille feuilles de verre à vitre, dix-huit à dix-neuf heures de travail, se fera facilement en six ou sept heures seulement.

Aux avantages que présente notre application, il faut donc ajouter celui de l'économie du combustible, résultant de la diminution de durée d'un travail qui, en obligeant les ouvriers souffleurs à rester dix-huit et même vingt heures consécutives devant le feu, altérait leur santé et les forçait de bonne heure à la retraite.

Système de fours à vitre, par M. Anchiaux, *à Paris.*

Le système dont il est question, breveté en 1841, consiste :

1° Dans l'emploi de l'air chaud pour alimenter les fours à vitre ;

2° Dans l'utilisation du calorique perdu de ces fours, pour chauffer l'air employé à la combustion ;

3° Dans un tirage artificiel réglé de manière à soulager les ouvriers souffleurs.

Par ce nouveau système de chauffage, on aura, même avec des houilles très-inférieures, des températures plus élevées dans les fours, et par conséquent on pourra employer des mélanges vitrifiables plus réfractaires, ou gagner du temps sur la fonte, ce qui donnera une économie sur les matières vitrifiables, ou bien sur le temps et le combustible simulta-

nément, double économie que, estimée en combustible seulement, nous croyons pouvoir porter à 33 pour 100.

On ne sera pas étonné de ces résultats, si on pense que les fours de fusion des verreries, sont ceux qui utilisent le moins le calorique développé.

En effet, d'après MM. A. Perdonnet et Coste, l'effet utile des fours de fusion des verreries, n'est que de 3 à 4 pour 100, tandis que dans les hauts fourneaux on utilise 7 à 8 pour 100 à air froid, et cependant, par l'application de l'air chaud, on a trouvé une économie de 30 à 40 pour 100.

Du reste, il est facile de réduire en chiffres l'économie que nous annonçons.

En effet, en calculant que l'air chaud employé à la combustion n'aurait que 480 degrés (température qu'on obtiendra sans difficulté, et qu'on pourrait même porter à 360 degrés); pour un four qui consomme 600 kilog. par trente heures, cela représente 12 chevaux ou 50 kilog. par heure.

En outre, sur seize à dix-huit heures que dure la fusion, on gagnera un temps notable, ce qui donnera encore une économie en combustible.

Ainsi, en portant à 33 pour 100 l'économie probable de combustible, nous pensons encore être au-dessous des résultats que l'on obtiendra.

Mais, dans ce nouveau système bien combiné et bien établi, il en résultera encore un bien grand avantage sous le point de vue philanthropique.

En effet, les ouvriers souffleurs surtout, qui, par l'ancien système, sont exposés à une température si élevée durant un si long et si rude travail, sont en outre, continuellement plongés dans une atmosphère de gaz, provenant de la combustion des houilles ordinairement sulfureuses; ce qui détériore tant leur santé, que tous ou presque tous, se laissent mourir jeunes et misérables.

Or, par le nouveau système, comme il est facile de l'entrevoir en l'examinant avec soin, les ouvriers n'auront pas à respirer les émanations de la combustion, puisque ces produits de la combustion seront aspirés par une cheminée d'appel ou tout autre moyen; et de plus, par ce même motif, le calorique émanera peu à l'extérieur, sera plus concentré, et par conséquent fatiguera bien moins les ouvriers.

Un perfectionnement ajouté en 1842, consiste à employer la chaleur perdue de l'air brûlé du four de fusion :

1° Au platissage du verre soufflé en cylindres, tout en chauffant ou ne chauffant pas l'air qui doit alimenter le four de fusion;

2° A la production de vapeur ou d'air chaud pour sécher la brique, ou tout autre usage;

3° A la décomposition préalable du sulfate de soude dans un four additionnel.

Pour employer la chaleur perdue de l'air brûlé, on peut employer différentes dispositions, mais qui, en résumé, se réduisent toutes au même système, qui consiste, au moyen d'un tirage artificiel, à faire passer l'air brûlé sortant du four de fusion dans un four convenablement disposé.

Pour le platissage du verre, nous citerons ici comme exemple un four composé d'une cloche en fonte, autour de laquelle, extérieurement va passer l'air chaud sortant du four de fusion, qui se rend immédiatement dans une cheminée d'appel.

La cloche en fonte est environnée d'une maçonnerie en brique qui est distante d'environ 10 centim. (4 pouces) des parois de la fonte.

Une cloche intérieure en fonte, qui est la première enveloppe du four, sert à transmettre à l'intérieur du four, la chaleur des gaz brûlés sans introduire ces gaz dans l'intérieur du four.

Pour employer la chaleur perdue à la production de vapeur, on n'a qu'à disposer une chaudière cylindrique en forme de bouilleur, autour de laquelle on fera passer les gaz brûlés du four de fusion.

Cette chaudière, qui peut servir à alimenter une machine à vapeur, peut être placée soit avant, soit après le four à plâtre, et l'appel des gaz brûlés sera toujours fait au moyen d'une cheminée, d'un ventilateur, ou tout autre moyen.

Au lieu d'une chaudière à vapeur, quand, dans la verrerie où on montera ce système, il n'y aura pas de machine à vapeur, après le chauffage du four à plâtre, on fera passer le gaz provenant du four de fusion dans des carneaux pratiqués sous le sol, dans une pièce à côté des fours, pour dessécher les pots et briques réfractaires.

Pour la décomposition du sulfate, on disposera un four à réverbère qui sera placé entre le four de fusion et la cheminée d'appel; et les gaz, immédiatement après leur sortie du four de fusion, passeront dans le four à réverbère, qui sera disposé de manière à opérer en vase clos.

Ce four servira à transformer les sulfates de soude en carbonates ou en silicates de soude, avant d'opérer les mélanges pour les fours de fusion.

Explication des figures.

Fig. 144 et 145, *a*, capacité du four.
b, voûte du four.
b', bouches de travail.
c, creusets.
c', cendrier.
d, ouvreaux pour laisser passer la flamme en *e'*.
e, four à griller les matières vitrifiables.
e', fours pour recueillir les creusets.
f, foyer.
f', ouvreaux où passe la flamme.
f'', ouvreaux où passe la flamme après avoir passé en *f'*.
f''', ouvreaux où passe la flamme après avoir passé en *f''*.
f'''', ouvreaux où passe la flamme après avoir passé en *f'''*.
g, grilles.
h, pieds droits en fonte pour maintenir le four.
l, *l'*, *l''*, caisses en tôle ou fonte par où l'air froid vient passer avant de servir à la combustion.
p, portes par ou l'on charge le foyer.
p', *p''*, portes des fourneaux accessoires.

En terminant ici tout ce que nous avions à dire sur la structure et la forme des fours qui servent à la fabrication du verre; nous devons prévenir les lecteurs qu'ils trouveront dans le journal allemand de chimie pratique de M. Erdman, vol. XI, pag. 34, un excellent mémoire de M. Kirn, sur la construction des fourneaux de verrerie, mémoire que son étendue ne nous permet pas de reproduire ici dans ses détails, mais où l'auteur a discuté avec beaucoup de sagacité et en s'appuyant d'exemples pratiques et de calcul, les avantages que les fours carrés présentent sur les fours de forme ronde.

On trouvera aussi la description dans le cours de cet ouvrage, de quelques autres espèces de fours pour la fabrication spéciale de quelques espèces de verre.

DEUXIÈME SECTION.

DES CREUSETS.

Les creusets, ou mieux leur fabrication, sont une des bases fondamentales d'une verrerie : c'est, en effet, à leur bonté et à leur durée qu'est attachée en grande partie la prospérité d'une verrerie. A l'article *Argiles*, nous avons fait connaître les qualités qui sont reconnues les plus propres à

la fabrication des creusets, ainsi que celles qui y sont les plus impropres. Nous n'aurons donc à nous occuper maintenant que de la préparation de ces terres et de la manière de faire les pots ou creusets.

PRÉPARATION DES TERRES.

Nous avons déjà dit à l'article *Argiles* que les meilleures argiles pour faire les creusets étaient celles d'*Abondant*, de *Forges*, de *Tournai*, de *Saint-Yriex-la-Perche*, et celle de *Salavas* (Ardèche), que Chaptal a recommandée pour les pots de verreries, etc. ; en un mot, qu'on devait choisir les plus réfractaires, c'est-à-dire celles où la silice ne prédomine point, parce qu'elles sont alors fusibles en émail, tandis que, lorsque l'alumine est dans de plus grandes proportions, on obtient une espèce de porcelaine au lieu d'une matière vitreuse (1). On doit aussi choisir les argiles qui contiennent le moins de chaux et d'oxyde de fer, par les raisons que nous avons déjà déduites. Nous renvoyons aux analyses que nous avons données des argiles précitées, afin de pouvoir se former une idée de leurs constituants pour les comparer avec celles qu'on se propose ou qu'on vient d'analyser. D'aprés les résultats obtenus, on ajoute de la silice ou du ciment à celles qui n'en contiennent pas assez.

Lorsque l'argile est extraite du sein de la terre, on la met à sécher sous des hangars pendant quelques mois ; elle perd alors de 10 à 15 pour cent de son poids, suivant qu'elle est plus ou moins molle. On procède ensuite à l'épluchage. Cette opération consiste à l'émietter au moyen d'un petit marteau, et à en séparer toutes les substances étrangères visibles, qui sont le plus souvent des matières charbonneuses, des oxydes rouge ou jaune de fer, des pyrites ferrugineuses, de petits amas de sable, en gros grains, des substances végétales, etc. Si la quantité de pyrites ne peut être séparée à la main, ce qui arrive presque toujours, on délaie l'argile dans l'eau, et on la passe à travers un tamis sur lequel restent les pyrites. On laisse reposer ensuite le coulis, on décante l'eau peu à peu jusqu'à ce que ce coulis offre une pâte ferme par

(1) Il est une règle constante, c'est que plus il faut d'alcali pour vitrifier une argile, plus elle est réfractaire. Ainsi, lorsqu'on veut essayer comparativement deux argiles, on y met la même dose d'alcali, et on les soumet à la même température pendant un temps égal ; la meilleure est celle qui offre le moins de traces de fusibilité. On doit surtout rejeter les argiles qui entrent en fusion sans alcali ; elles doivent cette propriété à la chaux et à l'oxyde de fer : c'est pour cette raison que l'on doit rejeter les argiles chargées de chaux ou d'oxyde de fer.

son mélange avec le sable ou le ciment qu'on doit y ajouter. Loysel conseille de verser une ou plusieurs mesures de coulis dans une caisse de bois d'environ 2m.50 (7 pieds 1/2) de longueur, sur un tiers de largeur; on l'étend sur le fond de la caisse, l'on répand le ciment ou le sable sur la couche de coulis, et le mélange s'en fait avec les pieds, en le retournant souvent avec des pelles de bois, jusqu'à ce que la pâte soit devenue complètement homogène.

Lorsque l'argile ne contient point de pyrites, on la mêle avec le ciment des deux manières suivantes :

A. On place l'argile sèche et bien épluchée dans une caisse d'environ 50 centim. (1 pied 1/2) de profondeur; on la recouvre ensuite d'eau pure. Au bout de douze à quinze heures, on laisse égouter l'eau surabondante à la pâte ; on place celle-ci dans une caisse à marcher ; on étend le sable ou le ciment par-dessus, et l'on mélange bien le tout par le piétinement.

B. La méthode que nous allons rapporter nous paraît préférable. Elle consiste à broyer l'argile bien sèche sous une meule, à la passer au tamis, à la mêler avec le sable et le ciment également tamisés, et à en faire une pâte consistante au moyen de l'eau. Par ce moyen on en sépare tous les corps étrangers trop petits pour n'avoir pas échappé à l'épluchage; on accélère aussi celle du mélange avec les pieds.

Pour que cette pâte ait la consistance convenable pour la fabrication des creusets, une balle de plomb, pesant 125 gram., ne doit pas tomber de moins de 1m.75 (5 pieds 5 pouces), ni de plus de 2m.20 à 2m.35 (6 pieds 8 pouces à 7 pieds 1 pouce) de hauteur pour s'y enfoncer de tout son diamètre.

Les verriers essaient les terres pour les creusets de la manière suivante :

Ils en font des cylindres de 25 centim. (9 pouces) de longueur et de 3 centim. (13 lignes) d'épaisseur, qu'ils polissent bien sur leurs surfaces, au moyen d'une grosse lime ou du grès en poudre, après qu'on les a préalablement séchés à une température de 35 degrés. Après cela, on les place dans l'arche et successivement dans l'intérieur du fourneau, en faisant reposer les deux extrémités de chacun sur deux petites briques ayant 9 à 10 centim. (3 pouces à 3 pouces 9 lignes) d'élévation, et éloignées l'une de l'autre d'environ 18 à 19 centim. (6 pouces 8 lignes à 7 pouces). Lorsque ces cylindres ou bâtons ont resté dans cet état pendant plusieurs fontes sans se courber dans le milieu, sans offrir une espèce d'émail à la surface, enfin qu'ils résistent sans se casser à un

poids de 20 kilog., et que lorsqu'on les casse, cette cassure n'est nullement vitreuse, on est bien certain alors d'avoir une excellente terre pour les creusets. Lorsque cette terre réunit toutes ces conditions, mais qu'elle offre une cassure un peu vitreuse ou une surface émaillée, on doit y ajouter un peu plus d'alumine ou du ciment d'argile.

Nous avons déjà dit que le ciment pouvait être du sable siliceux ou de l'argile de briques réfractaires cuites à un grand coup de feu, qu'on passe ensuite à la meule verticale, fig. 1re, et que l'on tamise. Nous ajoutons ici que quelques fabricants font servir à cet usage les vieux pots ou creusets en se contentant de les passer également à la meule et de les tamiser. Nous n'hésiterons point à proscrire ce ciment à cause qu'il est imprégné et revêtu à l'intérieur de matières vitreuses qui en augmentent la fusibilité. L'expérience a démontré que chaque espèce de terre à creuset exige des proportions différentes de ciment, et qu'elles sont d'autant plus fortes que la terre est plus alumineuse. Cela tient, sans doute, aux éclats et aux fentes que produit la vapeur de l'eau, qui se dégage de l'argile à une très-haute température avec une sorte d'explosion produite par la difficulté qu'elle éprouve à vaincre la cohésion des molécules argileuses. Ce ciment, bien mélangé avec ces terres, diminue cette force de cohésion, s'interpose entre leurs molécules, et livre plus facilement passage à la vapeur aqueuse. Il faut cependant que le ciment soit en poudre très-fine, afin de ne pas trop écarter les molécules argileuses, ce qui aurait nécessairement lieu s'il était trop gros.

Pour reconnaître la tenacité des terres qu'on emploie, Loysel conseille de fixer sur une table, par une de ses extrémités, un cylindre ainsi séché; on adapte à l'autre une coupe de balances : pour que cette tenacité soit celle qu'exige la fabrication des creusets, il faut que ce cylindre ne rompe qu'au moyen d'un poids égal à 1837 gram. S'il faut y ajouter un poids plus fort, c'est une preuve que le ciment est en trop petite quantité. Dès lors on doit y en ajouter, sinon la trop forte cohésion de la terre rendrait les creusets difficiles à sécher, et cassants au moindre changement de température, à plus forte raison dès qu'ils commenceraient à éprouver celle du fourneau de fusion.

Il est bon d'ajouter que les proportions de ciment doivent augmenter d'autant plus que la grandeur des creusets diminue; celles de 1837 gram. sont celles qu'il faut pour les creusets de 90 centim. (2 pieds 9 pouces) de hauteur sur autant de diamètre. Quant à l'épaisseur des creusets, elle devra être

de 16 centim. (6 pouces), lorsqu'on aura employé une terre contenant :

Argile brute.	50
Argile cuite au ciment.	15

Il est à remarquer, dit M. Bastenaire-Daudenart, que plus la tenacité de la terre est grande, et moins il faut d'épaisseur aux pots de verrerie. En conséquence, ajoute-t-il, une terre, dont il faudrait 1900 gram. pour rompre un des bâtons argileux précités, serait propre à faire : 1° des creusets de 22 centim. (8 pouces) de diamètre, autant de hauteur, et 11 millim. (5 lignes) d'épaisseur; 2° des creusets de 40 centim. (1 pied 3 pouces) de diamètre sur autant de hauteur, et 32 millim. (14 lignes) d'épaisseur. Il en est de même pour les creusets de :

Diamètre.	Hauteur.	Epaisseur.
5 décim. . . .	5 décim. . . .	54 millim.
6 décim. . . .	6 décim. . . .	80 —
8 décim. . . .	8 décim. . . .	12 centim.

D'après cet exposé, l'on pourra calculer l'épaisseur à donner aux creusets, d'après la tenacité des terres, en n'oubliant jamais que plus l'on est obligé d'ajouter de ciment, plus on doit accroître leur épaisseur.

FABRICATION DES CREUSETS.

La fabrication des creusets exige des soins pénibles et minutieux ; mais comme c'est en grande partie sur leur bonté que repose la prospérité d'une verrerie, le fabricant ne saurait être trop attentif à leur confection. Nous allons tracer les préceptes qu'on doit suivre.

Après avoir préparé une terre très-réfractaire, on se livre à leur fabrication.

Voici les deux manières les plus usitées :

1° L'on a un moule en bois dont la surface intérieure sert à mouler celle du creuset qui est extérieure, et l'on applique dans l'intérieur une toile fine mouillée, qu'on unit bien sur toutes les parois. Tout étant ainsi disposé, l'on prépare des colombins de terre à creuset (1) qui doit avoir une consistance ferme; on les aplatit d'un côté, et on les applique de ce même côté sur la toile, les uns sur les autres, en commençant par le milieu du fond, les pressant les uns contre les autres et contre les parois du moule, enfin en les pétrissant ensemble de manière à présenter une surface continue :

(1) Ces colombins ne doivent avoir que la moitié de l'épaisseur des creusets.

l'on opère de même jusqu'à ce que l'on soit parvenu à l'extrémité supérieure du moule. On laisse le tout en repos pendant quelques jours ; on le bat ensuite avec une molette de marbre ou de verre un peu convexe, deux fois par jour, pendant environ deux mois, dans un local dit *chambre à pots*, où la température ne doit jamais descendre au-delà de 10° + 0. Au bout de ce temps, et après cette opération, les pots étant devenus assez durs, on les sort du moule en les retournant adroitement ; on enlève la toile, et l'on bouche soigneusement et minutieusement, soit avec les doigts, soit avec un outil destiné à cet usage, les trous, les gerçures et les défauts de soudure ; on détruit les bulles d'air qui paraissent à la surface comme de petites vessies, et on les bouche ensuite dès que les creusets ont subi cette nouvelle opération. On les fait bien sécher à une température de 30 à 35 degrés pour les cuire ensuite, comme nous l'avons déjà dit, dans le fourneau de fusion.

2° Par cette seconde méthode, on applique également les colombins l'un sur l'autre, et l'on fait le creuset sans le secours du moule, ce qui devient bien plus difficile, surtout pour garder les justes proportions. En revanche les creusets, ainsi fabriqués, sont meilleurs et d'un plus long usage, parce que la terre étant beaucoup plus pressée entre les deux mains, les creusets sont plus compactes, moins poreux, et n'offrent presque pas ces bulles d'air que nous avons signalées. Quant au reste de l'opération, elle est conduite, ainsi que le rabattage, comme pour les précédents.

Nous ferons observer qu'il ne faut pas suivre l'habitude de faire sécher les pots en entier sur leur fond, mais qu'on doit les retourner, afin que ce fond, ayant lui-même le contact de l'air, puisse se sécher également. On introduit les creusets, quelle que soit leur grandeur, dans le fourneau de fusion au bout de trois à quatre mois, à dater du commencement. M. Bastenaire-Daudenart présente deux nouveaux modes de fabrication des creusets, qui nous ont paru dignes d'être rapportés ici : nous allons les faire connaître.

FABRICATION DES CREUSETS PAR LE MOYEN DU TOUR A MANIVELLE.

On construit une forme en bois A, fig. 27, représentant l'intérieur du creuset, et se divisant au moyen de clefs en bois, comme quelques-unes des formes des chapeliers. Ces formes doivent être plus ou moins grandes suivant les creusets qu'on se propose de fabriquer, en se rappelant qu'il faut les faire un peu plus grands à cause du retrait que prend la

terre, lequel peut être évalué à un sixième ou, comme le disent les ouvriers, à deux douzièmes. On applique la forme ou noyau sur le rondeau B, fig. 28, qui est en bois fort épais et d'un diamètre plus grand de 6 centim. (2 pouces 3 lignes) que la forme, et muni d'un trou C à son centre qui doit être proportionné au diamètre du noyau ; on doit pratiquer aussi autour du rondeau quatre trous D D D D destinés à donner passage à des cordes propres à faciliter le déplacement des creusets.

Après avoir placé le rondeau sur la tête du tour, qui doit être construit de manière à pouvoir supporter un grand poids, on y met la forme dessus après l'avoir enduite d'huile épaissie par le feu, afin d'empêcher l'adhérence de la terre au bois; il y a des fabricants qui préfèrent mouiller la forme avec une pâte claire et la saupoudrer avec du ciment très-fin. Nous croyons la première méthode préférable, tant parce que le creuset se détache mieux de la forme, que parce que sa surface interne est plus unie. L'on fait mouvoir ensuite le tour avec une manivelle, afin de ne point éprouver de secousse; l'on commence par le faire aller lentement, pour que l'ouvrier ait tout le temps nécessaire d'appliquer la terre, et de bien souder les morceaux; l'on augmente ensuite le mouvement. Lorsque le tour commence à tourner, le potier jette avec force la terre contre la forme à la partie inférieure, et continue jusqu'au sommet qui est destiné à être le fond du creuset; il ajoute successivement de la terre, jusqu'à ce que les creusets aient l'épaisseur que l'on désire, en la pressant bien contre les parois de la forme, et bouchant soigneusement tous les vides ou trous qui peuvent exister sur la surface du creuset, et détruisant les bulles d'air qui peuvent y exister. Lorsque l'épaisseur du creuset est égale sur tous les points, on fait passer dans les trous D D D D du rondeau B les quatre cordes E E E E, fig. 29; on fixe leurs quatre bouts à l'extrémité du levier *f*, que l'auteur nomme *levier circulaire*, en appuyant sur l'autre bout ; on élève le creuset à 18 centim. (6 pouces 8 lignes) de hauteur, et en faisant alors décrire un demi-cercle au levier, on éloigne le creuset du tour, et on le place sur une échelle à bras qu'on pose sur des tréteaux assez élevés, pour qu'un homme puisse tirer les vis ou les clefs qui tiennent les diverses pièces dont se compose la forme ; ces pièces sont extraites par l'ouverture C du rondeau. Le creuset est alors porté dans la chambre à creusets sur la *civière* ou échelle à bras G, fig. 29 *bis;* il reste en cet état pendant un mois en le battant deux fois par jour au moyen d'une molette. Au bout de ce temps; le creuset n'est pas

susceptible de se déformer. Un ouvrier, secondé par un homme de peine, peut fabriquer jusqu'à douze creusets par jour de la plus grande dimension.

Nous allons maintenant donner la description du tour à manivelle, tel que l'a présenté M. Bastenaire-Daudenart.

TOUR A MANIVELLE, fig. 30 et 30 *bis*.

Ce tour est monté dans le genre des tours à potier, excepté que la tête H est plus basse pour la commodité du travail. La tige en fer I, formant l'axe, doit être plus grosse qu'elle ne l'est ordinairement ; son diamètre doit être de 5 centim. (2 pouces) ; elle doit être enclavée entre des coussinets en cuivre J J, très-bien soutenus par de bonnes vis en fer. Cette tige ou axe, doit être d'une longueur de 82 centim. (2 pieds et demi) ; à environ 50 centim. (1 pied et demi) de la crapaudine, se trouve une roue en bois K K de 11 centim. (4 pouc.) d'épaisseur et 1m.15 (3 pieds 1/2) de diamètre. Cette roue, qui est horizontalement fixée à l'axe en fer I avec une clef en dessous, sert à donner de l'envoi à la tête du tour, et fait fonction de balancier. L'axe en fer, ainsi fixé à la roue, est en même temps garni d'une autre petite roue en bois L ayant quatorze dents d'engrenage à 45 millim. (1 pouce 8 lignes) l'une de l'autre ; elle doit être solidement fixée à l'axe en fer, au-dessous de la roue de renvoi ; cet axe, qu'on nomme aussi arbre du tour, se termine à sa partie inférieure par une pointe d'acier trempé de 6 centim. (2 pouc. 3 lig.) de longueur, tourne sur un silex qui lui sert de base, et s'enclave dans les coussinets en cuivre J J qui sont fixés à la table du tour, laquelle doit être élevée de 65 centim. (2 pieds) au-dessus de la roue et d'une grande solidité. L'axe ou l'arbre doit s'élever à 8 centim. (3 pouces) au-dessus des coussinets ; il est terminé par une vis M qui s'adapte avec la tête H du tour ; cette tête a 33 centim. (1 pied) de diamètre. Le taraudage de la partie supérieure de l'arbre doit être fait à rebours, afin qu'il serre en tournant ; sans cette utile précaution, le potier ne pourrait appuyer fortement sur son ouvrage. La longueur de la table doit être de 1m.50 (4 pieds 7 pouces) sur 1 mètre (3 pieds) de largeur. Cette grandeur est nécessaire afin de pouvoir y placer la terre avec laquelle doivent être faits les creusets. Ce qu'on nomme la manivelle se compose : 1° d'une roue en bois N de 1m.30 (4 pieds) de diamètre, munie de cinquante-deux dents qui s'engrènent dans celles de la petite roue L ; 2° de la manivelle O qui est placée au milieu de la roue N, qu'elle traverse et soutient à la hauteur de la petite roue L par son extrémité inférieure. Cette manivelle s'em-

boîte dans une crapaudine en cuivre; l'autre bout ou le supérieur s'enclave dans des coussinets également en cuivre qu'on a fixés dans une traverse en bois, et attachés en queue d'aronde sur deux appuis à la hauteur de la roue. Un enfant suffit pour faire marcher ce tour; le levier F, qui sert à enlever le creuset de dessus la tête du tour, est une barre en bois d'environ 2 mètres (6 pieds) de longueur, munie d'une virole en fer à chacune de ses extrémités; la partie de cette barre qui doit supporter tout le poids, et à laquelle est attachée la chaîne Q, doit être beaucoup plus forte. A 49 ou 50 centim. (1 pied et demi environ) de la grosse extrémité est placée une garniture en fer R à laquelle est adapté un anneau très-épais, qui entre à volonté dans la grosse chaîne Q qui est suspendue à la poutre S, dont l'élévation est de 45 centim. (1 pied 4 pouces) au-dessus du creuset, et qui est placée à la droite du potier. Les chaînes E E E E se terminent par un crochet au moyen duquel, dès qu'elles ont passé par les trous du rondeau, elles vont se réunir à une pièce de fer crochue, qui est placée presque à l'extrémité du levier F. Il est donc bien évident qu'en fixant vers la terre l'extrémité *a* de ce levier, et lui faisant décrire en même temps un demi cercle, on enlève le creuset de dessus le rondeau et la table.

Nous allons maintenant faire connaître l'autre mode proposé par M. Bastenaire.

CREUSETS FABRIQUÉS AU MOYEN DE LA PRESSE.

Pour ce mode de fabrication, il faut trois instruments divers :

1° Une forme A, fig. 30, destinée à mouler la surface interne du creuset : il doit être coulé en métal non massif de 5 ou 6 centim. (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 3 lignes) d'épaisseur ;

2° Une enveloppe ou chape, fig. 32, destinée à former l'extérieur ;

3° Une machine exerçant une assez forte pression pour que la terre comprimée entre la forme et la chape puisse acquérir assez de consistance pour que le creuset, ainsi moulé, puisse en être retiré sans se déformer : la presse à vis, fig. 33, remplit ce but.

La forme A et la chape B doivent s'emboîter, comme on le voit fig. 32; c'est entre la distance qui les sépare que le creuset est moulé. La chape est également coulée en métal; son épaisseur est d'environ 3 centim. (1 pouce) : elle repose sur la bague en bois C, fig. 32 *bis*, laquelle est fixée sur le

rebord qui se trouve au bas du noyau ou forme. Lorsqu'on est muni de ces instruments et qu'on veut les appliquer à la fabrication des creusets, on enduit d'huile la forme, on la place sous la tête carrée de la vis (1); dès lors on y applique dessus et tout à l'entour une couche de terre dont la consistance doit être telle qu'on ne puisse la pétrir que difficilement entre les mains; quand toute la forme en est bien recouverte, que tous les morceaux en sont bien soudés, et qu'il n'existe ni trous, ni bulles d'air, on bat alors bien la pâte terreuse et dessus et dessous, et si la couche n'est pas un peu plus épaisse que le vide qui se trouve entre la forme et la chape, on y ajoute une nouvelle couche de terre qu'on unit bien dans toute sa surface. Ce travail terminé, on enduit la chape, à l'intérieur, d'huile épaisse, et on la place sur le creuset sur lequel elle s'enfonce jusqu'à près des deux tiers; en tournant la vis de la presse, on parvient à faire descendre la chape sur la bague C. Il est évident qu'en descendant avec force, la chape enlève l'excédant de la terre qui sort par le bas et rend la surface du creuset très-égale. « Voilà donc, dit M. Bastenaire, trois pièces réunies : le noyau ou la forme, le creuset et la chape. On ôte celle-ci par le moyen de cordes attachées à quatre espèces d'oreillettes pratiquées à sa surface extérieure, ou, plus simplement à un anneau conservé dans le coulage en haut de la chape. Le creuset s'enlève au moyen de la bague C sur laquelle il repose au bas du noyau; cette bague en bois enveloppe le noyau avant d'y appliquer la terre; elle est percée de quatre trous dans son épaisseur, qui doivent se correspondre transversalement. On y fait entrer quatre boulons H H H H en fer, de 4 centim. (1 pouce et demi) de diamètre; on fait entrer aux extrémités des boulons qui dépassent quatre anneaux de fer attachés à des cordes, qui, étant réunies par le haut, sont tirées en l'air par un bras de levier à la manière des creusets à tour de manivelle. De cette façon, la bague étant soulevée, elle enlève avec elle le pot qui se détache facilement du noyau; il est mis sur une civière G, fig. 29 *bis*, pour être porté dans la chambre à sécher, en le laissant sur la bague jusqu'à ce qu'il puisse être retourné. » J'avoue que je ne conçois pas bien tous les avantages de ce dernier mode de fabrication des creusets; pour qu'il fût évidemment avantageux, il faudrait que la chape pressât en tous sens sur le creuset. afin de le rendre plus compacte et plus dur, tandis que cette compression n'a

(1) Au-dessous de cette tête de vis doit être pratiquée une cavité pour recevoir l'anneau *b* de la chape.

lieu que sur le fond. Nous croyons donc préférable la fabrication des creusets au tour, attendu qu'il est plus aisé de les bien confectionner.

CREUSETS POUR LES GLACES.

Les creusets pour la fabrication des glaces doivent être fabriqués comme les précédents, en y apportant le plus grand soin, surtout dans le choix et la préparation de la terre. La manufacture qui passe, avec juste raison, pour la plus belle d'Europe, celle de Saint-Gobain, emploie l'argile de Forges-les-Eaux. Par l'analyse de cette terre, on pourra la comparer avec celle qu'on se propose d'employer et que l'on pourra ainsi modifier.

Les creusets pour le coulage des glaces sont de deux sortes : 1° ceux qui sont employés pour fondre les matières vitreuses pour le verre ordinaire ; 2° et d'autres creusets plus petits, nommés *cuvettes*, que l'on peut fabriquer comme les autres creusets, avec cette différence que les cuvettes doivent, au lieu d'avoir une forme conique, être carrées, afin de pouvoir être prises plus aisément, par leur cadre, par le *charriot à tenaille ;* c'est la forme adoptée, quoiqu'on puisse y substituer la forme ordinaire, en faisant le cadre également circulaire.

Il est bon de faire observer que la grandeur des creusets doit être en raison directe de celle des glaces qu'on veut couler, ou, si l'on veut du diamètre du fourneau de fusion ; car il en résulterait, si les creusets étaient trop grands, qu'il y aurait une grande déperdition de calorique, que la vitrification serait incomplète, et que l'affinage offrirait les plus grandes difficultés. A l'article *Fourneaux pour la fabrication des glaces*, nous avons fait connaître les rapports qui doivent exister entre les proportions des creusets et celles des fourneaux ; nous y renvoyons nos lecteurs.

MOYEN DE FAIRE DES CREUSETS.

MM. Briffaut et compagnie, de Paris, ont pris un brevet d'invention pour faire des creusets. Voici leur procédé : On met dans un four une suffisante quantité d'argile pure, telle que celle d'Abondant, près de Dreux ; on lui donne un fort degré de cuisson pour en faire un ciment qu'on tamise pour ne se servir que des petites et des moyennes parties ; on broie ensuite les plus grosses jusqu'à ce qu'elles deviennent assez petites pour pouvoir s'en servir et opérer, comme il est d'usage pour la fabrication de la porcelaine et de la poterie.

On mêle de cette terre, ainsi préparée, avec une égale

quantité de ciment provenant de la même terre ; on humecte le tout suffisamment et l'on prépare une pâte qui sert à fabriquer les creusets.

Ces creusets sont meilleurs quand ils ne sont pas trop cuits.

Conditions que doivent remplir les bons creusets.

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale avait proposé en 1826 un prix pour la fabrication en grand des creusets réfractaires, et dans le programme duquel on lit des détails intéressants sur les conditions que doivent remplir les bons creusets.

La résistance des creusets, y est-ildit, leur infusibilité, dépendent de l'argile avec laquelle ils sont faits. Il s'en trouve sur plusieurs points de la France, dont la qualité réfractaire ne doit rien laisser à désirer, puisque, dans nos fabriques d'acier fondu, on est parvenu, avec la terre de notre sol, à faire des creusets qui peuvent servir à cinq ou six opérations. Il est probable que de nouvelles recherches feront découvrir des dépôts d'une argile très-pure, qui pourra être employée avec succès, ou que l'on trouvera quelque moyen peu dispendieux de rendre encore plus infusibles celles qui le sont déjà à un certain degré (1).

Ce qu'on demande d'un creuset, c'est qu'il puisse supporter sans se fondre l'action d'un feu de charbon le plus violent, et qu'il ne casse pas dans les changements subits de température : cette seconde condition n'est pas la plus difficile à remplir ; on y parvient en composant la pâte des creusets de manière que le ciment fait avec l'argile calcinée soit prédominant, et qu'il ne soit pas en poudre fine ; mais, à mesure que l'on augmente la proportion du ciment, la pâte, devenue moins ductile, se tourne plus difficilement : ce n'est pas un obstacle invincible; il paraît même que l'emploi du tour à potier n'est pas le mode de fabrication le meilleur, ni le plus expéditif; la pression semble préférable, ou tout autre moyen qui donnerait une densité égale aux parois du vase.

Il est de l'intérêt des fabricants de s'assurer par eux-mêmes de la qualité de leurs creusets : c'est pourquoi on les engage à le faire. Ils y parviendront facilement avec une forge

(1) La lévigation, par exemple, peut enlever le sable pyriteux qui produit la terre fusible. Quelques chimistes, considérant la qualité réfractaire de la magnésie, ont pensé que l'on rendrait l'argile plus infusible en y mêlant un peu de muriate de magnésie.

de maréchal, sur laquelle ils construiront en briques un petit fourneau de 22 centim. (8 pouces) de diamètre sur 37 à 40 (14 à 15 pouces) de hauteur, à partir du fond du foyer, où s'abouche la tuyère du soufflet.

Ce foyer qui formera le cendrier, peut avoir 16 centim. (6 pouces) de diamètre et 11 centim. (4 pouces) de hauteur seulement.

On ménagera un canal, fermé avec une brique, qui pourra s'enlever à volonté, afin de pénétrer, au besoin, dans le cendrier, dans le cas où la grille serait obstruée par un creuset qui aurait fondu.

La grille est placée sur ce cendrier; elle peut être en terre réfractaire, percée de trous comme le fond des fourneaux de ménage, ou bien composée de barreaux de fer de 20 ou 27 millim. (9 lignes ou 1 pouce) de diamètre et de 15 centim. (5 pouces et demi) de longueur, lesquels reposeraient sur deux petites tringles de fer, de manière à ne laisser que 7 millim. (3 lignes) de distance entre eux, afin que, si le soufflet était trop fort, le vent ne pût frapper le creuset et le refroidir.

A partir de la grille, l'élévation des parois du fourneau, qui doit avoir 21 centim. (8 pouces) de diamètre, sera de 27 centim. (10 pouces) dans œuvre.

Aussitôt que la maçonnerie est achevée, on revêt l'intérieur du fourneau d'une couche de 3 centim. (1 pouce) d'épaisseur, d'un enduit composé de cinq parties de sable non fusible et d'une partie seulement de bonne argile, que l'on bat pour unir sa surface et le faire adhérer aux briques. Ainsi revêtu, le fourneau n'a plus que 16 centim. (6 pouces) de diamètre.

On place sur la grille un tourteau ou petit support cylindrique, haut de 6 à 8 centim. (2 pouces et demi à 3 pouces), et fait du même mélange infusible d'argile et de sable : c'est sur ce tourteau que se pose le creuset rempli de morceaux de fer non oxydés, coupés par petits fragments et disposés de manière qu'il y ait entre eux le moins de vide possible; on ferme le creuset par un couvercle, qu'on lute avec du sable et de l'argile.

Dès que le charbon, dont on entoure le creuset, est allumé, on fait agir le soufflet et on remplace le combustible à mesure qu'il se consume.

A l'aide de cet appareil, on produit une chaleur telle qu'en 30 ou 40 minutes on peut fondre un demi-kilogramme de fer doux.

Il n'est pas nécessaire d'attendre que les creusets aient été au four pour les essayer, il y a même de l'avantage à les em-

ployer avant d'être cuits, pourvu qu'ils soient parfaitement secs ; ils supportent mieux, sans se casser, le passage rapide à une température élevée : aussi, dans les fabriques d'acier, les creusets dont on fait usage sont seulement séchés.

On sait que les meilleurs creusets pour la plupart des usages sont ceux de Hesse ; ces creusets dont la composition pourra servir de guide aux verriers, sont formés de 3 parties d'argile contenant au quintal : 46 de silice, 34 d'alumine, 3 d'oxyde de fer et 1 de sable quartzeux.

Les creusets de M. Beaufay de Paris, qui jouissent d'une grande réputation, sont composés d'une partie d'argile d'andenne renfermant 52 de silice, 27 d'alumine, 2 d'oxyde de fer et 2 de la même terre cuite et calcinée. Ils sont enduits intérieurement d'une légère couche d'argile crue et résistent aussi bien que ceux de Hesse à 150° du pyromètre de Wedgwood.

Nous avons fait représenter dans la figure 133. La forme des pots dont on se sert aujourd'hui dans la fabrication du flint-glass.

TROISIÈME SECTION.

EMPLOI DU COMBUSTIBLE, ET THÉORIE DE LA COMBUSTION.

Nous n'entrerons point ici dans les diverses théories de la combustion que l'on a proposées en divers temps, parce qu'elles ne reposent que sur des hypothèses dont la chimie pneumatique a fait justice ; nous allons nous borner à faire connaître celles de Lavoisier et de Berzélius.

On définit la combustion : une combinaison de l'oxygène avec un corps, avec émission de calorique et quelquefois de lumière. Dans tous les cas, il n'y a jamais émission de lumière sans dégagement de calorique. D'après cela, la combustion ne saurait être confondue avec l'incandescence ou l'ignition, qui n'est qu'une accumulation de calorique dans un corps, sans absorption d'oxygène ni d'aucun autre corps. Ce célèbre chimiste divise les corps en *combustibles* et *comburants*. Les premiers sont ceux qui sont susceptibles d'éprouver la combustion, et il réserve le dernier nom à l'oxygène, comme propre à l'entretenir. Cette théorie de la combustion s'établit sur les ruines de celle du phlogistique, qui supposait le dégagement d'un corps, tandis que l'augmentation en poids qu'acquièrent les corps brûlés, et qui est due à l'oxygène, démontrait le contraire. D'après ces faits, la théorie Lavoisienne a été adoptée jusqu'à nos jours, parce qu'elle rend compte des faits principaux.

Il est cependant reconnu que plusieurs corps peuvent, en s'unissant, dégager de la chaleur et de la lumière, et simuler une combustion, sans cependant absorber de l'oxygène.

La combustion doit donc être considérée comme la combinaison de deux ou de plusieurs corps, quelle que soit leur nature, avec dégagement de chaleur et de lumière.

Lavoisier a attribué le dégagement de la chaleur à la condensation des molécules de l'oxygène absorbé. Cependant, malgré que cette absorption soit bien démontrée, ce qui ne l'est pas, bien s'en faut, c'est que tout le calorique, produit par la combustion, lui soit dû dans tous les cas. Nous nous bornerons à en offrir un exemple : Si l'on brûle un volume de carbone dans un volume de gaz oxygène, il y a émission de calorique et de lumière, et le produit est un volume de gaz acide carbonique égal à celui de l'oxygène. Nous pourrions même ajouter que l'inflammation de la poudre à canon dans le vide, quoique solide, donne des produits gazeux avec dégagement de chaleur et de lumière. Ces objections, ainsi que plusieurs autres, aussi bien fondées, ont été faites à la théorie de Lavoisier.

D'après Berzélius, la chaleur et la lumière, qui sont produites par la combustion, ne sont point dues à une variation de densité des corps, ni à un moindre degré de chaleur spécifique de nouveaux produits, puisqu'il arrive souvent que le calorique spécifique est plus fort que celui des principes constituants des corps qui avaient été brûlés. D'après ce fait et l'action que le fluide électrique exerce sur les corps combustibles, il pense qu'au moment où ils s'unissent ils développent des électricités libres, opposées, dont la force devient d'autant plus grande qu'elles approchent davantage de la température à laquelle la combinaison a lieu, jusqu'à ce qu'au moment de cette combinaison les électricités disparaissent en donnant lieu à une élévation de température telle qu'il se produit du feu. « Dans toute combinaison chimique, dit-il, il y a neutralisation des électricités opposées, et cette neutralisation produit le feu de la même manière qu'elle le produit dans les décharges de la bouteille électrique, de la pile électrique et du tonnerre, sans être accompagnée dans ces phénomènes d'une combinaison chimique. »

Au reste, Berzélius a la modestie de ne présenter sa théorie que comme une hypothèse : « J'ai introduit, dit-il, au lieu d'une hypothèse qui ne suffit plus, une autre qui, jusqu'à présent, est conforme à l'expérience acquise, mais qui, peut-être sous peu, aura le sort de la première, et ne sera plus d'accord avec une expérience plus étendue. »

On aime à voir dans un si habile chimiste ce doute philosophique que ne connaît point la médiocrité.

Au reste, quelle que soit la cause de l'émission totale de la chaleur produite par la combustion des corps, il n'en est pas moins vrai : 1° qu'elle ne saurait avoir lieu sans la présence de l'oxygène ou de l'air ; 2° que l'air est alors décomposé, son azote mis à nu, et son oxygène absorbé par le combustible qui s'unit à lui et donne lieu à un ou plusieurs composés. D'après cela, il est bien évident que plus le courant d'air, dans le foyer, sera bien établi, plus la combustion sera active, et plus le fourneau tirera bien.

Nous allons maintenant parler des combustibles employés dans la fabrication du verre. Nous les diviserons en trois espèces : bois, houille et tourbe. Nous allons les examiner successivement.

DU BOIS A BRULER.

La qualité du bois à brûler n'est pas indifférente ; l'on sait que les bois sont divisés en durs et mous, ou tendres. Ces derniers, beaucoup plus légers, imprégnés d'une grande quantité de principe aqueux, ne brûlent que lorsqu'ils sont bien secs, émettent moins de calorique que les durs (1) et produisent un charbon qui s'incinère sans répandre qu'une faible chaleur. Les bois durs, au contraire, contiennent, sous le même volume, moins de sève, et beaucoup plus de carbone. Ils développent beaucoup de chaleur par la combustion et donnent lieu à un charbon qui persiste beaucoup plus longtemps que celui des bois mous et dégage une quantité de calorique double. Les bois durs qui, sous le même volume, répandent le plus de chaleur, peuvent être rangés dans l'ordre suivant :

Chêne vert et olivier ;
Amandier ;
Noyer ;
Châtaignier et la vigne (1);
Le chêne blanc ;
L'orme ;
Le hêtre ;

(1) En général, 100 parties en volume de bois blanc ne développent pas plus de chaleur que 67 à 70 de bois dur.

(2) Dans le midi de la France, en Espagne et dans une partie de l'Italie, les souches des vignes vieilles sont très-grosses ; lorsqu'on les arrache, le bois qui en provient quand il est sec, brûle avec une flamme vive et claire, et répand beaucoup de chaleur. Ses cendres sont très-riches en alcali.

Le charme.

Parmi les bois tendres, nous leur assignerons le rang ci-après :

Le bouleau et le platane ;

Le tremble et le peuplier ;

Le saule ;

Le marronnier d'Inde ;

Les bois tendres sont à un plus bas prix que les bois durs ; malgré cela, il est bien plus avantageux de n'employer dans les verreries que les bois durs, tant parce que sous un petit volume ils présentent plus de matière, que sous le rapport des autres avantages que nous avons cités. Mais il faut bien faire attention que ces bois ne soient pas ce qu'on appelle flottés, c'est-à-dire qu'ils n'aient pas séjourné dans l'eau, parce qu'alors ils sont plus légers, répandent bien moins de chaleur et donnent un charbon qui s'incinère plus vite et dégage bien moins de chaleur.

On doit couper le bois destiné aux verreries en hiver, époque à laquelle ils contiennent moins de sève ou d'eau de végétation ; le couper en morceaux qu'on nomme *billettes*, le fendre s'il est trop gros, et le bien faire sécher avant de l'employer. Nous avons donné la description d'un four (page 158) qui peut être employé avec succès. Cette dessiccation du bois n'est pas à dédaigner ; si elle n'est pas complète, il en résulte deux grands désavantages : le premier, c'est que l'eau en se dégageant à l'état de vapeur, emporte beaucoup de calorique ; et le second, c'est que la fumée qui se produit, en séjournant dans le fourneau, peut donner un aspect louche ou de fausses teintes au verre, à moins d'agrandir les ouvertures par lesquelles passe la flamme ; mais, dans ce cas, il est aisé de voir qu'on perd beaucoup de chaleur. Il est enfin bien démontré que sous un même poids il faut le double de bois tendre pour produire le même degré de calorique qu'une partie de bois dur. Il est bien évident aussi que, soit les bois durs, soit les bois tendres, chacun produit des degrés de chaleur différents, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

Dans les fours alimentés avec le bois sec, comme pour les verres blancs, le cristal, etc , on fond presque toujours les matières à creuset découvert : 1° parce qu'il faut un degré moindre de chaleur ; 2° parce qu'on peut éviter aisément le contact de la flamme sur le creuset ; 3° parce que le peu de fumée qui se produit n'influe en rien sur la qualité de la matière vitreuse. Il n'en est pas ainsi de celle de la houille et de la tourbe, comme nous le ferons connaître bientôt.

HOUILLE OU CHARBON DE TERRE.

Les mines de houille sont abondamment répandues sur la surface du globe. Elles font la richesse des pays où elles se trouvent, et l'Angleterre leur doit en grande partie sa prospérité industrielle. C'est ordinairement au milieu de ces bancs arénacés, dits *grès houillers*, qui servent pour ainsi dire de commencement aux terrains secondaires, que se trouvent les houillères. Leur gisement est en couches, dont l'épaisseur est depuis 20 centim. (8 pouc.) jusqu'au-delà de 6m.50 (20 pieds). Ces couches ont pour intermédiaires des bancs de grès houillers plus ou moins épais; elles sont placées les unes sur les autres. Leur nombre varie; dans certains lieux il dépasse cinquante. Les couches très-épaisses doivent être considérées comme le résultat de beaucoup d'autres couches qui n'ont entre elles que des couches très-minces de substances terreuses. Les grès houillers qui séparent les couches de houille sont plus chargés de charbon que ceux qui les entourent. Souvent aussi ces espèces de cloisons sont dues à des substances schisteuses plus ou moins dures, la plupart d'un assez beau noir, et quelques-unes, comme celles d'Hérépian, sont très-brillantes et d'un beau poli. En minéralogie, elles sont connues sous les divers noms d'*argile schisteuse* ou *schieferthon* des Allemands, de *schiste charbonneux*, de *grès schisteux*, *kohlenschiefer*, *kohlensandschiefer*, de *schiste bitumineux*, *brandschiefer*.

La houille est le plus souvent d'une belle couleur noire, et quelquefois d'un noir grisâtre. Dans ce cas, elle s'exfolie plus facilement; elle est opaque, très-inflammable, et brûle avec flamme, en donnant lieu à une fumée noirâtre et à une odeur bitumineuse et parfois plus ou moins sulfureuse, suivant qu'elle contient plus ou moins de pyrites ferrugineuses ou qu'elle est unie à des terres de nature alumineuse.

J'ai vu, dans les riches mines de Graissesac, département de l'Hérault, des blocs de houille parsemés de couches de ces pyrites de 7 à 14 millim. (3 à 6 lignes) d'épaisseur. La houille, soumise à une température élevée, dans des vaisseaux clos, subit une décomposition partielle. La matière huileuse ou bitumineuse est décomposée en grande partie, et se convertit en acide carbonique, en gaz hydrosulfurique, et en gaz hydrogène carboné; le résidu est un charbon léger, plus volumineux que la houille employée, auquel on donne le nom de *coke*, et qui est très-employé en Angleterre, et maintenant en France, pour le chauffage domestique. Le gaz hydrogène carboné qui se dégage par cette opération, qu'on

opère dans de vastes cornues de fonte, après avoir été purifié, est conservé dans un immense réservoir, nommé gazomètre, d'où il est distribué par des conduits souterrains pour servir à ce bel éclairage, qui l'emporte, tant par la beauté que par l'économie et la propreté, sur celui par l'huile. Le poids spécifique des houilles varie suivant les matières étrangères auxquelles elles sont unies; le terme moyen est de 1,3 à 1,9.

Composition. Les meilleures qualités de houille sont celles qui sont exemptes des sursulfures de fer et des terres alumineuses soufrées. En général, les plus estimées sont celles qui ont de 30 à 40 pour 100 de bitume, et dont le résidu terreux, que laisse la combustion complète, est de 3 à 5; dans les plus mauvaises, il va jusqu'au delà de 0,50, et il n'y existe presque point de bitume.

VARIÉTÉS.

Brunâtre. — *Granulaire.* — *Lamellaire.* — *Limoneuse.* — *Noire.* — *Irisée.* — *Organofibreuse.* — *Polyédrique.* — *En rognons.* — *Schisteuse.* — *Scapiforme.* — *Xiloïde, etc.*

Ce combustible offre encore trois grandes différences qui produisent autant de divisions :

1° La *houille grasse.* Celle-ci est très-légère, d'un assez beau noir, brûle aisément, et répand une flamme blanche et longue, une odeur moins forte, et produit beaucoup de calorique. Dans cette division sont comprises les houilles d'Anzin, du Creuzot, du Forez, de Givors, de Mons, etc.

2° La *houille compacte.* Celle-ci est plus compacte, quoique légère, d'un noir grisâtre, brûlant bien, et répandant une flamme brillante avec un peu plus d'odeur et de fumée que la précédente. Peu de résidu.

3° La *houille sèche.* Beaucoup plus pesante que les deux précédentes, d'une couleur grisâtre, répandant une flamme bleue et une odeur sulfureuse, et laissant beaucoup de résidu. Cette variété est la plus impropre à la fabrication du verre. Dans cette division doivent être rangées les houilles d'Aix, de Bize, de Graissesac, de Saint-Etienne, de Toulon, etc.

Il est un fait bien généralement connu, c'est que les meilleures houilles sont celles qui, sous des poids égaux, laissent, après leur combustion, le moins de résidu. L'expérience a démontré que les quantités de résidus charbonneux varient depuis 2 centièmes de leur poids jusqu'à 40 centièmes. Il est aisé de voir combien il importe au fabricant d'acheter de

bonnes qualités de charbon ; car, indépendamment de cette grande perte de combustible, les matières étrangères, qui forment le résidu du charbon, et qui se composent en grande partie de pyrites ferrugineuses, produisent des vapeurs nuisibles à la confection du verre. On peut reconnaître aisément et en peu de temps les quantités de résidu que laissent les charbons incinérés, en en prenant sur un tas et sur plusieurs points de petites quantités, les réunissant, les pesant et les brûlant dans un creuset. On ne saurait *à priori* déterminer les quantités comparatives de bois et de houille qu'il faut pour développer la même quantité de calorique dans un même espace de temps, parce que cela est relatif à la bonté ou, si l'on veut, à la qualité de l'un et de l'autre de ces combustibles. Il serait curieux et utile en même temps de faire de pareilles recherches avec les différents bois et les variétés de houille, comme cela a été fait pour celle d'Anzin, près de Valenciennes, comparativement avec le bois de hêtre. Les résultats ont été que pour produire la même élévation de température et des effets égaux dans un four de coulage de glaces pendant un an :

Bois de hêtre sec, âgé de 80 ans. .	45,000
Houille d'Anzin (1)	28,000

Nous avons déjà dit que, lorsqu'on chauffe les fours avec la houille, l'on doit opérer dans des creusets couverts à cause de l'action de sa fumée sur les matières vitrifiables. C'est ce qui fait qu'il faut aussi une plus grande élévation de température pour les fondre.

Anthracite.

L'anthracite est une substance noire, tendre, sèche au toucher, dont la poussière a l'odeur du charbon; son poids spécifique varie entre 15 et 18 ; elle brûle avec difficulté, sans flamme ni fumée, et se couvre à peine d'un enduit de cendres blanches. Elle est composée de carbone avec quelques traces d'hydrogène, et mélangée de 3 à 5 pour 100 de matière terreuse. On connaît de l'anthracite réniforme, polyédrique, compacte, feuilletée ou schistoïde, granulaire, fibreuse, terreuse, etc.

Les principaux gisements de l'anthracite sont : en France les Vosges, le Dauphiné, quelques départements des bords de la Loire, et les terrains houillers.

Le combustible employé maintenant dans un grand nom-

(1) Cette houille laisse de 10 à 12 pour 100 de résidu. Il est donc bien évident qu'il faudra d'autant moins de ce combustible que son résidu sera moindre.

bre de verreries anglaises, allemandes et françaises, est, comme nous l'avons déjà dit, la houille bitumineuse; mais ce combustible dégage une fumée si épaisse et si abondante, qu'il produit des effets nuisibles à la couleur et à la pureté du verre qu'on y fabrique. Pour prévenir cet effet, on a cherché depuis quelque temps, à substituer l'anthracite au charbon bitumineux, dans cette sorte de fabrication, et on paraît avoir réussi. Voici en quelques mots, d'après une patente en date du 29 mars 1852, prise en Angleterre par M. J.-T. Chance, grand fabricant du Staffordshire, les dispositions principales qui ont été adoptées:

Le fourneau pour brûler l'anthracite n'exige que très-peu de modifications à celui en usage aujourd'hui. Le combustible lui est fourni par des ouvertures d'alimentation, et on dispose convenablement des tuyaux ou porte-vent, pour l'introduction de l'air fourni par un volant à ailette ou des soufflets. On peut chauffer cet air en interposant des appareils de chauffage entre ces soufflets et le fourneau. L'aire des fourneaux doit être fermée, ce qu'on exécute en chargeant les barreaux de la grille avec de la terre grasse, ou en introduisant par-dessous une plaque mobile; enfin, le cendrier doit être assez profond pour contenir une très-grande quantité de cendres. Les pots ont la forme ordinaire, on les place sur des sièges élevés au-dessus des porte-vent, à une hauteur qui permet de diriger la flamme tant sur leur partie inférieure que sur celle supérieure.

LIGNITE.

Corps solide, opaque, couleur variant du beau noir foncé au brun terreux, cassure compacte, conchoïde, et parfois résinoïde, présentant un tissu presque toujours semblable à celui du bois. Poids spécifique de 1,2 à 1,4. Par la combustion, il produit une flamme assez claire accompagnée d'une odeur âcre et fétide, et ne se boursoufle presque pas. Ce combustible est dû à la décomposition du bois; aussi varie-t-il par son aspect et ses propriétés, suivant qu'elle est plus ou moins avancée. On le rencontre dans les dépôts secondaires et tertiaires. Il existe en très-grandes quantités à la base de ces derniers; aussi l'emploie-t-on comme la houille.

Lignite terreux ou friable.

Couleur brun noirâtre, passant quelquefois au gris jaunâtre, presque toujours en poudre, tant est faible la force de cohésion de ses molécules; aussi en fait-on une pâte avec de l'eau, qu'on moule comme les briques, et que l'on applique

au chauffage après la dessiccation. Cette variété est connue sous le nom de *terre* de Cologne.

Lignite fibreux.

C'est, à proprement parler, du bois altéré ; il est brunâtre, à tissu ligneux, très-combustible, brûlant avec ou sans flamme et sans fumée, ou avec une fumée piquante répandant une odeur un peu bitumineuse, parfois agréable et parfois fétide, presque toujours surnageant l'eau et donnant à la distillation les produits du bois. Ce combustible est souvent confondu avec le précédent; il en diffère cependant, en ce qu'il conserve la forme et le tissu du bois. Pour ne pas dépasser les bornes que nous nous sommes prescrites, nous allons nous borner à indiquer les variétés suivantes :

Lignite bacillaire. — *Carbonisé*, réduit à l'état de braise par l'inflammation spontanée des dépôts. — *Débituminisé.* — *Eclatant.* — *Noir* ou *brun.* — *Terne.* —*Polyédrique.* — *Compacte*, à structure xiloïde. — *Schisteux*, etc.

TOURBE.

La tourbe ne diffère du combustible précédent, qu'en ce qu'elle paraît plus particulièrement due à l'altération des plantes herbacées ; aussi offre-t-elle le plus souvent des débris d'herbes qui ne sont point encore décomposées. La tourbe est brune et quelquefois noirâtre ; elle est très-combustible avec ou sans flamme, en répandant une fumée dont l'odeur se rapproche de celle des plantes sèches. Le résidu est un charbon très-léger. La meilleure tourbe est celle qui est compacte ; elle est fibreuse quand elle renferme des végétaux non décomposés.

On trouve beaucoup de tourbières en France entre Amiens et Abbeville, dans les environs de Beauvais, de Dieuze, d'Etampes, sur la rivière d'Essonne, entre Corbeil et Villeroi, etc.

La tourbe ne produit pas une élévation de température aussi forte que la houille et le bois ; il est rare qu'elle dépasse, quand la grille est bien aérée, de 15 à 22 degrés du pyromètre. Malgré cela la tourbe n'en offre pas moins des avantages précieux pour la verrerie, tant pour sécher les billettes, et commencer la cuisson des creusets, que pour le filtrage, la calcination des alcalis, pour les fourneaux à étendre le verre à vitre, etc.

Nous terminerons cet article en faisant observer qu'on ne doit jamais brûler en même temps les bois durs avec les bois tendres, parce que ceux-ci brûlent rapidement, et consom-

ment moins d'oxygène, et leurs flammes ne se portent rapidement que sur les issues, ce qui fait que les ouvertures du foyer et du cendrier devront être moins grandes que pour les bois durs qui consomment une plus grande quantité d'oxygène; aussi est-on dans l'usage de boucher plus ou moins les ouvreaux avec des tuiles percées, quand la combustion devient trop active. Nous allons maintenant donner une idée de la manière de mesurer le calorique.

Valeur comparative des combustibles.

Pour quiconque a observé les phénomènes de la combustion, tels que le bois, la tourbe, le charbon, la houille et le coke, il est évident que, pour produire un effet calorique donné, il faut consumer des quantités très-différentes de ces combustibles. Ces différences quoique moins apparentes pour des échantillons distincts d'un même combustible, sont cependant appréciables, quand les effets produits par la combustion d'un poids donné de chaque variété, sont examinés avec soin.

On a eu recours, à diverses époques, à des méthodes différentes pour mesurer les quantités de chaleur produites par la combustion de quantités égales de combustibles de composition variable ; mais comme la chaleur développée ne peut en aucun cas être directement évaluée, les valeurs calorifiques des matières examinées doivent, dans toutes les circonstances, être appréciées d'après certains effets chimiques ou physiques, produits sur un autre corps.

Pour déterminer le pouvoir calorifique d'une matière quelconque, il faut connaître deux choses : la quantité de chaleur qu'elle est capable de produire, et le temps nécessaire pour son développement. Les résultats ainsi obtenus s'appellent généralement *effet théorique* du combustible ; or, comme il est impossible de déterminer la quantité réelle de chaleur générée, on apprécie toujours la valeur économique, en comparant les effets de cette matière avec ceux produits dans des circonstances absolument identiques, par les autres variétés de combustibles. On peut faire ces évaluations comparatives de plusieurs manières, qui toutes paraissent suffisamment exactes pour la pratique. Les plus anciennes expériences de ce genre étaient toutes faites, d'après un même principe et d'un caractère purement physique.

L'appareil employé pour cet objet s'appelait un calorimètre, et la quantité de chaleur développée était évaluée, soit d'après celle de la quantité de glace qui avait été fondue, soit par le poids de l'eau élevée à une certaine température

par la matière en expérience; ces deux moyens ont un principe commun et d'après les considérations suivantes, il est facile de donner la même expression aux résultats obtenus par l'une ou l'autre modification. Lavoisier et Laplace, ont trouvé que la quantité de chaleur, qui est nécessaire pour fondre 1 kilog. de glace était précisément celle suffisante, pour élever le même poids d'eau de 0° à 75° C., ou ce qui est exactement la même chose, pour élever 75 gr. de la température 0° à celle de l'ébullition (1). Clément et Desormes ont aussi montré qu'un poids donné de vapeur d'eau, quelles que soient sa température et sa tension, est toujours produit par une même quantité de chaleur, et par conséquent, contient et est susceptible de restituer à d'autres corps cette même quantité. Toutefois, d'après les mêmes autorités, la chaleur absorbée au point de ne plus affecter le thermomètre ou la chaleur latente, pendant la conversion de l'eau en vapeur, est 5,5 fois (suivant Rumford 5,67) plus considérable que celle nécessaire pour porter le même poids d'eau, de 0° à 100° C. Il devient donc aisé de calculer la quantité d'eau qui serait évaporée au point d'ébullition, par la quantité de chaleur nécessaire pour fondre 1 kilog. de glace. On trouve que cette quantité est égale à $\frac{75.0}{5.5} = 0,154$ kilog. d'eau.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus par Rumford, avec son calorimètre à eau.

Un kilog. des bois suivants, quand on le brûle, porte :

	Kilog. d'eau de 0° à 100° C.
1. *Tilleul.*	
Bois de 4 ans séché. .	34.707
— légèrem[t] séché. .	38.833
— fortement séché.	40.131
2. *Hêtre.*	
Bois de 4 à 5 ans séché.	33.798
— fortement séché.	36.476
3. *Orme.*	
Bois de 4 à 5 ans séché.	30.205
— fortement séché.	34.083
— roussi au feu....	30.900
4. *Chêne.*	
Bois à brûler ordin[re] en petits copeaux.	26.272
— en copeaux plus épais.........	25.590
— en gros copeaux.	24.748
— séché à l'air.....	29.210
Bois très-sec en copeaux minces.	29.838
— en copeaux plus épais.	26.227
5. *Frêne.*	
Bois sec ordinaire....	30.661

(1) Suivant les expériences récentes et plus complètes de M. Regnault, ce nombre doit être porté à 0,79.

	Kilog. d'eau de 0° à 100° C.
Bois séché à l'air, en copeaux......	33.720
— copeaux séchés au four.........	35.449
6. *Sycomore.*	
Bois fortement séché au four.......	36.117
7. *Sorbier.*	
Bois fortement séché au four......	36.130
— roussi au four...	32.337
8. *Merisier.*	
Bois sec............	33.339
— fortement séché au four......	36.940
Bois roussi au four...	34.736
9. *Sapin.*	
Bois sec ordinaire....	30.332
— bien séché à l'air, en copeaux...	34.001
— séché au four, en copeaux......	37.379
— roussi au four, en copeaux......	33.358
— en gros copeaux.	28.695
10. *Peuplier.*	
Bois séché à l'ordinaire.........	34.601
— fortement séché au four.......	37.161
11. *Charme.*	
Bois séché à l'ordinre.	31.704

Welter a le premier remarqué, que la quantité de chaleur produite par les corps en combustion, était directement proportionnelle à la quantité d'oxygène requise pour effectuer la combustion. Cette circonstance qu'on avait déduite déjà des expériences antérieures de Laplace, Rumford, Lavoisier, Despretz et autres physiciens, est aujourd'hui admise comme un fait démontré, et elle a donné naissance à une méthode nouvelle et très-convenable, pour déterminer la valeur calorifique des combustibles. Cette méthode, imaginée par M. Berthier, consiste à chauffer un poids donné de la matière réduite en poudre fine, avec un excès de litharge qui, étant décomposée par les substances combustibles de cette matière, fournit un bouton de plomb proportionné à la quantité de ces substances : chaque atome d'oxygène ainsi enlevé à la litharge doit nécessairement donner naissance à la production d'un atome de plomb métallique, et par conséquent on obtient une mesure assez exacte des valeurs calorifiques relatives des différentes espèces de combustibles, en pesant le bouton de plomb produit dans des circonstances complètement identiques, par un poids donné de chacun d'eux.

Toutefois, lorsqu'il s'agit de savoir quelle serait la quantité d'eau qui serait portée de 0° à 100° C. par la combustion d'un poids donné d'un combustible particulier quelconque, on trouve qu'il est nécessaire d'avoir recours aux résultats de

la valeur calorifique connue d'un combustible distinct. A cet effet, on a généralement fait choix du carbone qui, suivant M. Despretz, exige 2,666 fois son poids d'oxygène pour la combustion parfaite : si on opère sur de la litharge entièrement exempte des oxydes plus élevés de plomb, une partie de carbone fournira 34,5 parties de plomb métallique ; et si on admet, de plus et d'accord avec les résultats du physicien qu'on vient de citer, que la même quantité de carbone élèvera 78,15 parties d'eau de 0° à 100° C., il s'ensuivra que chaque partie de plomb correspondant à une unité de carbone que peut réduire un combustible quelconque, répondra à $\frac{78,15}{34,5} = 2,265$ parties d'eau élevée par la combustion de 0° à 100° C.

La valeur calorifique d'une matière peut être évaluée avec une plus grande exactitude encore d'après les résultats obtenus par une analyse ultime. Comme un équivalent de carbone exige 2,666 parties d'oxygène pour sa combustion, et qu'une unité d'hydrogène absorbe plus du triple de cette quantité, ou huit parties, il en résulte que la quantité d'oxygène nécessaire pour la combustion d'une matière contenant C parties de carbone, H parties d'hydrogène et O partie d'oxygène, sera exprimée par

$$C \times 2.666 + (H - h)\, 8 = x$$

Formule dans laquelle h représente la quantité d'hydrogène correspondant à O partie d'oxygène, et doit par conséquent être déduite de la quantité contenue dans le combustible.

Si au contraire on se propose de trouver la quantité d'eau qui peut être évaporée par un poids donné d'un combustible quelconque dont on connaît l'analyse ultime, la formule devient :

$$\frac{C \times 13265 + (H - h) \times 6247}{965.7} = x$$

où C est la quantité de carbone, H celle d'hydrogène contenue dans une unité de combustible, et h la quantité d'hydrogène qui correspond à la proportion pour 100 d'oxygène contenu dans la matière examinée. Ces quantités multipliées par leurs pouvoirs calorifiques respectifs, suivant les expériences de Dulong et divisées par la chaleur latente de la vapeur, fournissent le résultat demandé.

Les valeurs calorifiques des différentes espèces de combustibles, calculées par ces formules, font l'objet des tableaux suivants :

ESPÈCE DE COMBUSTIBLE.	Kilogrammes de plomb réduits par 1 kil. du combustible.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut porter de 0° à 100° C.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut évaporer à partir de 100°.	NOMS des observateurs.
BOIS.				
Bois de chêne.	12.50	28.30	5.27	Berthier.
— de frêne.	14.96	32.07	5.97	Winkler.
— de sycomore.	13.40	29.70	5.53	
— de hêtre.	13.70	31.00	5.77	
— de sapin.	14.50	32.80	6.41	Berthier.
— de pin.	13.70	31.00	5.77	
— de charme.	12.50	28.30	5.27	
— d'orme.	14.50	32.84	6.12	
— de peuplier.	13.04	29.54	5.50	Winkler.
— de tilleul.	14.48	32.80	6.11	
TOURBES.				
Tourbe de Troyes.	8.0	18.4	3.37	
— de Ham (Somme).	12.3	27.9	5. 2	
— de Bassy (Marne).	13.0	29.2	5. 4	
— de Kœnigsbrünn (Wurtemberg).	14.3	32.4	6. 0	Berthier.
— de Framont (Vosges).	15.4	34.9	6. 5	
— de Ischour (Landes).	15.3	34.4	6. 4	
— d'Attan (Irlande), couche supérieure.	27.7	62.7	11. 5	
— —— couche inférieure.	25.0	56.6	10. 5	Griffiths.
— comprimée.	13.7	28.0	5. 2	

LIGNITES.

Saint-Martin-de-Vaud (canton de Vaud)	22.6	51.20	9.54	Berthier.
Minerme (Aude)	22.8	51.60	9.61	
Fuveau	21.0	47.60	8.87	
Enfantdort	21.0	47.60	8.87	
Koep-Fuarch (lac de Zurich)	20.7	46.90	3.67	
Val-Lineau (Sarthe)	19.25	43.60	8.12	
Lignites ordinaires d'Allemagne	18.40	41.70	7.77	
Elbogen (Bohême)	18.20	41.20	7.68	
Kumi	15.80	38.80	7.23	
Combustible terreux de Dax	21.38	48.31	9.00	Regnault.
— — Bouches-du-Rhône)	18.89	42.69	7.95	
— — Basses-Alpes	16.69	37.71	7.02	
— — Grèce	17.89	40.31	7.51	
— — Cologne	18.24	41.22	7.68	
— — Osnach	15.90	35.93	6.69	
Helmstedt, mine de Prinz-Wilhem	20.17	45.58	8.49	Warrentrapp.
Schœningen	18.76	42.39	7.90	

HOUILLES.

Caking coals (*houilles collantes*).				
Houilles du pays de Galles. Aberdare, Cies Merthyr	34.12	77.11	14.37	Phillips.
Hill's Plymouth works	34.06	76.97	14.34	
Nixon's Merthyr	33.20	75.53	13.98	
Thomas's Merthyr	32.96	74.48	13.88	
Neath Abbey	31.20	70.51	13.14	
Rock Vawr	28.92	65.35	12.18	

ESPÈCE DE COMBUSTIBLE.		Kilogrammes de plomb réduits par 1 kil. du combustible.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut porter de 0° à 100° C.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut évaporer à partir de 100°.	NOMS des observateurs.
Sinter coals (houilles molles).					
Houilles du Lancashire.	Blackley Harst.	29.58	66.85	12 56	Phillips.
	Rushy Park mine.	28.98	65.49	12.20	
	Blackbrook little Delf.	28.68	64.81	12.08	
	Laffak Rushy Park.	26.88	60.74	11.32	
Houilles esquilleuses de Newcastle.	Newcastle Hartley.	31.86	72.00	13.42	
	Carr's Hartley.	30.90	69.83	13.01	
	Hedley's Hartley.	30.36	68.61	12.78	
	Steamboat Wallsend.	28.80	65.08	12.13	
Sand coals (houilles maigres).					
Houilles d'Ecosse.	Wellwood.	28.38	64.13	11.94	
	Eglington.	24.32	54.96	10.24	
Houilles collantes.					
Rive-de-Gier, Grand'Croix.		29.60	67.00	12.48	Berthier.
Mons, Grand-Gaillet.		28.01	63.06	11.85	
Rochebelle, près Alais.		27.06	62.05	11.65	
Bonchamp (Haute-Saône).		27.03	61.08	11.54	
Saint-Pierre-la-Cour (Mayenne).		27.00	61.01	11.38	
Epinal (Saône-et-Loire).		26.08	60.07	11.31	
Tresul, près Saint-Etienne.		25.04	57.05	10.71	

Houilles dures et douces.				
Saint-Georges-de-Lavancas (Aveyron)	21.00	54.05	10.15	Berthier.
Ombrowna (Silésie)	21.02	48.00	8.94	
Salin (Jura)	21.00	47.05	8.85	
Vojas (Slavonie)	19.04	45.09	8.18	
Houilles maigres.				
Rolduc, près Aix-la-Chapelle	31.00	70.02	13.08	
Zinsweyer, près Offenberg	22.02	50.05	7.37	
ANTHRACITE.				
Lamure (Grenoble)	31.60	71.50	13.32	Berthier.
Pensylvanie	30.50	69.10	12.18	
Laval, La Chaumière	33.00	74.07	13.92	
— La Braconière	26.06	60.02	11.22	
Corbattière	26.07	60.03	11.27	
Elanguick, Glamorganshire	33.48	75.79	14.11	Phillips.
Gliwardagh, Tipperary	30.10	70.44	13.12	
CHARBON DE BOIS.				
Charbon du commerce. Peuplier	30.06	68 en moyenne	12.6 en moyenne	Berthier.
Sycomore	30.06			
Hêtre	29.06			
Tremble	29.03			
Introduit dans des bouteilles fermées aussitôt sa fabrication. Sapin	32.03	72 en moyenne	13.4 en moyenne	
Aulne	32.04			
Bouleau	31.04			
Chêne	31.03			

ESPÈCE DE COMBUSTIBLE.	Kilogrammes de plomb réduits par 1 kil. du combustible.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut porter de 0° à 100° C.	Kilogrammes d'eau que 1 kil. de combustible peut évaporer à partir de 100°.	NOMS des observateurs.
Suite du Charbon de bois.				
Hêtre	33.57	75 en moyenne	13.7 en moyenne	Winkler.
Orme	33.26			
Tilleul	32.79			
CHARBON DE TOURBE.				
Courcy-sur-Ourcq	17.07	40.01	7.47	Berthier.
Ham	18.08	40.07	7.77	
Essonne	22.04	50.07	9.45	
Framont (tourbe de Champ-de-Feu)	26.00	58.09	10.79	
COKE.				
Saint-Etienne, préparé à la gare	28.05	65.06	12.02	Berthier.
Besseges (Aveyron)	28.04	64.03	12.00	
Rive-de-Gier	26.00	58.09	10.09	
Coke de l'usine à gaz du Luxembourg	22.02	50.03	9.04	
Tanfield Durham	31.68	71.59	13.34	Phillips.

La considération du pouvoir calorifique absolu des différentes espèces de combustibles, si on n'avait pas en même temps égard au temps nécessaire à la production de la chaleur développée, ne fournirait qu'une idée fort imparfaite, erronée peut-être de leur valeur économique respective. Pour bien apprécier cette observation il suffira de jeter les yeux sur les tableaux précédents où l'on remarque que les espèces les plus légères et les moins denses de bois possèdent des propriétés calorifiques plus élevées que celui des espèces plus dures et plus compactes ou d'une densité supérieure. Or, c'est précisément le contraire auquel on aurait dû s'attendre par l'expérience directe ; mais il est facile d'expliquer cette anomalie, et pour cela on n'a qu'à consulter le tableau suivant où l'on a indiqué la composition ultime des différentes espèces de bois.

ESPÈCES DE BOIS.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.
Fibre ligneuse pure.	52.65	5.25	42.10
Quercus robur......	49.43	6.07	44.50
Fraxinus excelsior..	49.36	6.07	44.57
Acer campestris....	49.80	6.37	43.89
Fagus sylvatica....	48.53	6.30	45.17
Betula alba........	48.60	6.37	45.02
Ulmus campestris...	50.19	6.42	43.39
Populus nigra......	49.71	6.31	43.99
Tilia Europæa......	49.41	6.86	43.73
Salix fragilis.......	48.44	6.36	44.80
Pinus abies........	49.95	6.41	43.65
Pinus picea........	49.59	6.38	44.02
Pinus sylvestris. ...	49.94	6.25	43.81
Pinus larix.........	50.11	6.31	43.58

Dans ce tableau on observe que les bois les plus légers et les plus inflammables contiennent plus d'hydrogène que les bois durs et les moins combustibles. Dans la fibre ligneuse pure les proportions de l'oxygène et de l'hydrogène sont telles, que par leur union elles doivent former de l'eau, tandis que dans toutes les variétés de bois qui ont été examinées, il y a toujours excès de l'hydrogène sur l'oxygène. Or cet excès est plus considérable dans les bois tendres que dans

les bois durs. Dans le chêne, l'excès de l'hydrogène, au-delà de celui nécessaire pour se combiner avec l'oxygène, s'élève à 5,08 parties sur 1000, tandis que dans le sapin il est de 9,50. Lorsque ces bois, riches en hydrogène, sont fortement chauffés, l'excès de celui-ci se combine avec une portion du carbone qui est présent et donne naissance à des hydrocarbures gazeux aux dépens du carbone fixe ou charbon qui se serait produit. Ces gaz s'enflammant avec une grande facilité, produisent beaucoup de flamme, et les bois dont ils se dégagent se consument par conséquent avec beaucoup plus de rapidité que ceux où l'hydrogène et l'oxygène existent dans des proportions qui se rapprochent davantage d'équivalent à équivalent; quand ces bois légers sont appliqués à des chauffages, on remarque qu'ils dégagent leur chaleur plus rapidement que l'appareil dans lequel on les consume n'est susceptible de l'absorber, et par suite qu'une quantité considérable de cette chaleur se trouve perdue parce qu'il faut un certain temps, quelle que soit la disposition des appareils, pour utiliser la chaleur développée par le combustible qu'on consomme. Quand, au contraire, on emploie un bois où l'excès de l'hydrogène est très-faible, il se produit peu de flamme, et comme la combustion marche avec lenteur et que la chaleur est dégagée régulièrement, une plus grande portion de celle-ci devient applicable et le combustible donne un effet pratique supérieur à celui que fournissent les variétés qui, en réalité, possèdent un pouvoir calorifique supérieur.

Il résulte de cette considération qu'un combustible qui peut produire les meilleurs effets dans un appareil pourvu d'une grande surface de chauffe, peut bien être mal adapté à un appareil de structure différente, puisque chaque variété exige un certain temps pour dégager la chaleur qu'elle est susceptible de développer. C'est pour cette raison qu'on donne généralement la préférence aux bois durs. Mais quand on veut produire une chaleur vive et très-intense, on réussit mieux avec les bois légers et il suffit pour cela que l'appareil soit disposé pour absorber vivement la chaleur dégagée.

Les résultats qu'on obtient ainsi d'un combustible, dépendent aussi du volume des morceaux dans lesquels ils est divisé. Si on le jette dans le feu en gros morceaux, il brûle avec lenteur et une grande portion de la chaleur générée se trouve absorbée. Si au contraire on divise, par exemple, les bois en menus copeaux, la combustion est alors si vive, qu'une grande partie de la chaleur dégagée se trouve perdue pour les besoins pratiques. Si les fragments sont encore plus petits et en contact intime, alors l'air nécessaire à la com-

bustion ne peut plus pénétrer et il est extrêmement difficile d'obtenir une élévation de température,

Ce qu'on vient de dire du bois s'applique tout aussi bien aux autres combustibles dont la combustion est également influencée par l'excès d'hydrogène qu'ils renferment, par leur état de division et enfin aussi par la forme ou la structure des appareils.

MOYENS PROPRES A MESURER LA TEMPÉRATURE DES FOURNEAUX, OU LE DEGRÉ DE CHALEUR PRODUIT PAR LES COMBUSTIBLES.

Tout le monde sait qu'on détermine la température atmosphérique et celle des vapeurs au moyen d'un instrument nommé *thermomètre ;* cependant malgré la précision de ces instruments, ils ne peuvent servir à déterminer les autres températures, à cause que le mercure ou l'alcool qu'ils contiennent, en se vaporisant, opèrent bientôt la rupture du tube de verre qui les contient. On a donc imaginé d'autres moyens plus sûrs ; le meilleur, jusqu'à présent, est le pyromètre de Wedgwood que nous allons faire connaître.

Pyromètre de WEDGWOOD.

Cet instrument a pour base la propriété dont jouit l'argile de prendre du retrait, lorsqu'elle est exposée à une haute température. Il est donc évident que plus elle aura pris du retrait, plus elle aura été exposée à une chaleur élevée. Cet instrument se compose de deux règles en cuivre, convergentes et divisées en degrés. On y met un cylindre d'argile préparée qu'on a fait cuire à une chaleur rouge ; on le place ou dans le fourneau ou dans la substance en fusion dont on veut reconnaître la température ; on le laisse refroidir, et on l'introduit entre les deux règles ; plus il a pris du retrait, plus il s'enfonce, et plus il marque de degrés. Le 0 de cet instrument correspond à 580°,55 centig. ; celui de la fusion du fer, à 1750 degrés centig. Chaque degré de ce pyromètre est évalué à 72°,22 centig.

On attribuait le retrait qu'éprouve l'argile par la chaleur à la perte d'une partie de l'eau qu'elle contient. Pour les basses températures, cette opinion est exacte, mais il n'en est pas de même pour les hautes. M. de Saussure a reconnu qu'un cylindre d'argile pyrométrique, pesant 1 gram. 72, chauffé à 29 degrés, avait perdu 0,132 milligr., et que, de ce degré jusqu'à celui de 170, il ne perd plus rien de son poids, quoiqu'il diminue d'un quart de son volume. M. Thenard pense que le retrait de l'argile, dans les hautes tempé-

ratures, doit être attribué à la combinaison plus intime de ses éléments.

Nous allons maintenant donner la description de ce pyromètre; il se compose de deux pièces. La première est un petit cylindre d'argile de 12,7 millim. (5 lignes 1/2) de diamètre, de 14 à 15 millim. (6 lignes environ) de longueur, un peu aplati d'un côté, et cuit à une chaleur rouge. La deuxième, destinée à déterminer le retrait ou si l'on veut la diminution du volume de l'argile, se compose d'une plaque en cuivre ou en laiton, sur laquelle sont soudées deux règles de même métal, très-égales, ayant 609,592 millim. (2 pieds 2 pouces) de longueur, et formant un canal convergent dont l'ouverture est de 12,7 millim. (5 lignes 1/2) à une extrémité et de 7,62 millim. (3 lignes 1/2) à l'autre. L'une de ces règles est divisée en 240 degrés; le zéro de l'échelle est placé à l'extrémité la plus large. Afin que cet instrument soit plus portatif, on a l'habitude de le diviser en deux parties; l'on a, par conséquent, sur la même plaque, deux canaux convergents dont l'un est, par conséquent, la suite de l'autre. *Voyez* la figure 62. Nous allons rendre cette description plus intelligible.

C, C', C'', C''', plaque de laiton.

D, D', rainure formée par les deux règles E, E', F, F'.

G, G', autre rainure faisant suite à la première et formée par les deux règles F, F', H, H'.

I, petit cylindre d'argile entrant dans la rainure D, D'.

L, petit creuset ou étui terreux, très-réfractaire, pour calciner le cylindre d'argile.

Afin d'obtenir des résultats comparatifs exacts, il faut préparer toujours les petits cylindres avec une argile identique et réfractaire (1).

Voici la manière de reconnaître, par ce moyen, le degré de température auquel fondent les métaux. Nous allons prendre pour exemple le cuivre : On place un de ces cylindres avec ce métal dans le creuset; dès que celui-ci est en fusion complète, on retire ce cylindre; on le laisse refroidir, et on l'introduit ensuite entre les deux règles pour constater

(1) Wedgwood fabriquait ces cylindres avec l'argile blanche de Cornouailles, dans laquelle il admettait :

Silice.	2
Alumine.	3

Il est maintenant reconnu que toutes les argiles contiennent beaucoup plus de silice; il y ajoute donc la moitié du poids de cette argile d'alumine pure, précipitée de l'alun par la potasse, et lavée à l'eau bouillante.

le retrait qu'il a pris, lequel est déterminé par son enfoncement qui s'arrête au 27e degré (1), qui est donc celui du pyromètre auquel fond ce métal. Par le même moyen, on pourra s'assurer du degré auquel fondent les autres.

L'expérience et le calcul ont démontré que le 0 de ce pyromètre correspond à 580°,55 du thermomètre centig., et que chacun de ses degrés équivaut à 72°,22. Si l'on examine maintenant les lois de la dilatation des solides, il est évident que la marche de ce pyromètre n'est pas rigoureusement proportionnelle à celle de la chaleur. Tel qu'il est cependant, il n'en donne pas moins des résultats approximatifs très-utiles.

Moyen pour mesurer de hautes températures.
Par M. J. Wilson.

On a proposé diverses méthodes pour mesurer les températures qui dépassent l'étendue de l'échelle du thermomètre à mercure.

Le pyromètre de Wedgwood est fondé, comme on sait, sur la propriété de l'argile de prendre du retrait à de hautes températures. Cet effet, dû d'abord à l'évaporation de l'eau, puis à une vitrification partielle qui tend à rapprocher les molécules, ne peut, en quelque sorte, être considéré comme proportionnel à la température qui a produit ce retrait. Mais ce pyromètre n'est plus employé depuis longtemps par les savants, parce qu'on ne peut compter sur ses indications, que chaque observation exige un cylindre nouveau d'argile, où, expérimentalement parlant, on n'est jamais certain que la contraction de ce nouveau cylindre sera exactement la même pour un même degré de chaleur, et qu'il est extrêmement difficile de se procurer des terres dont la composition soit rigoureusement la même. De là les différences énormes qu'on observe dans les températures indiquées par plusieurs observateurs, Guyton de Morveaux faisant correspondre chaque degré de ce pyromètre à 17°C., tandis que Wedgwood avait indiqué 54°44.

Pyromètre de Daniell.

Dans le pyromètre de Daniell, la température est mesurée par la dilatation d'une barre de fer renfermée dans une gaîne consistant en un parallélipipède de carbure de fer ou graphite, dans lequel on a percé une cavité de 7m.60 (23 pieds)

(1) Si la substance dont on veut déterminer la température est susceptible de se vitrifier avec l'argile, on place celle-ci dans un petit creuset ou étui couvert.

de diamètre, et de 20 centim. (7 pouces 5 lignes) de profondeur. C'est dans cette cavité qu'on introduit un barreau cylindrique de platine ou de fer doux, à peu près de même diamètre, et de 16 à 17 centim. (5 pouces 11 à 6 pouces 4 lignes) de longueur, de manière à ce qu'il repose sur le fond de la cavité ; sur l'extrémité libre du barreau repose une plaque cylindrique en porcelaine, appelée index, de 38 millim. (1 pouce 5 lignes) de longueur, maintenue fermement à sa place par une bande de platine et un petit coin de porcelaine. Quand l'instrument est chauffé, le métal se dilatant davantage que sa gaîne en carbure, presse l'index qui, par l'effet de la bande de platine et du coin, reste à la place où il a été poussé après que l'appareil a été retiré du feu et est refroidi. Il y a une échelle qu'on applique ensuite pour mesurer l'étendue précise dont l'index a marché sous l'action du barreau, ce qui indique l'allongement apparent de celui-ci, c'est-à-dire la différence entre son allongement et celui de sa gaîne en graphite qui le contient.

Pour que les indications de ce pyromètre fussent correctes, c'est-à-dire que des dilatations égales indiquassent des accroissements égaux de chaleur, il faudrait que le barreau et sa gaîne se dilatassent uniformément ou variassent tous deux dans le même rapport. Mais relativement au graphite, la dilatation totale est tellement faible qu'il est impossible d'y découvrir les variations d'uniformité dans des points intermédiaires. Quant à la dilatation de la barre métallique, elle n'est pas exactement uniforme, cependant elle fournit des indications pratiques assez satisfaisantes de l'intensité relative de différents foyers, et donnerait même une mesure exacte si on pouvait déterminer la marche précise de la dilatation.

Pyromètre à air.

On a cherché, dans quelques circonstances, à mesurer de hautes températures par le moyen d'une sphère creuse de platine pourvue d'un tube d'évacuation d'air. Plus le foyer auquel on expose la sphère de platine est à une température élevée, et plus est grande aussi la quantité d'air chassé de cette sphère : cet air reçu dans une cloche y est mesuré. Dans le cas où cet instrument, auquel on a donné le nom de pyromètre à air, peut être employé commodément, on en a obtenu des résultats très-exacts.

Pyromètre WILSON.

Voici maintenant un nouveau moyen pour la mesure des hautes températures :

On prend un poids donné de platine qu'on expose pendant quelques minutes au feu dont on veut mesurer la température, puis on le plonge dans un vase contenant un poids déterminé d'eau et à une température donnée, et après que la chaleur du métal a été communiquée à l'eau, on note la température à laquelle celle-ci s'est élevée, et c'est cette température qui sert à évaluer celle à laquelle le platine a été soumis.

Ainsi, si on suppose que le poids du platine employé soit de 64 gram., celui de l'eau dans laquelle on le plonge de 128 gram., ce liquide étant à une température de 15°C., si en jetant le platine dans l'eau la température s'élève à 32 degrés, alors 32° — 15° = 17°, nombre qui, multiplié par 2 (puisque le poids de l'eau est double de celui du platine), donne 34 degrés pour la température à laquelle aurait été élevé un poids d'eau égal à celui du platine. Or, pour convertir les indications de ces instruments en degrés centigrades, il faut multiplier les premières par 31,25, qui exprime la chaleur spécifique de l'eau, celle du platine étant prise pour unité : on a donc 34 × 31,25 = 1062°58C.

Pour obtenir des résultats aussi exacts qu'il est possible par ce moyen, il faut prendre des précautions pour se garantir contre la conductibilité et le rayonnement de la chaleur. L'appareil employé par l'auteur et représenté dans la figure 34, pl. 159, consiste en un vase poli de fer étamé de forme cylindrique de 7,5 centim. (3 lignes) de profondeur et 5 millim. (2 lignes) de diamètre, placé concentriquement dans un vase semblable à une distance d'environ 6 à 7 millim. (2 1/2 à 3 lignes). Par ce moyen, il y a très-peu de chaleur dissipée, et l'on peut aussi employer des vases qui ne renferment en eau que le double en poids du platine. L'évaporation qui a lieu lors de l'immersion du platine dans l'eau, ne donne pas lieu à une perte sensible de chaleur.

Quand on détermine les températures avec ce pyromètre, il faut y faire une correction pour la portion de chaleur totale qui est absorbée : 1° par le mercure du thermomètre plongé dans l'eau ; 2° par la boule et la tige de ce thermomètre ; 3° par le vase en fer, qui renferme l'eau ; 4° enfin pour la chaleur que retient le morceau de platine. La portion de la chaleur totale absorbée par ces divers corps, comparée à celle acquise par l'eau, sera, en proportion de leurs poids et de leurs chaleurs spécifiques, comparée à ceux de l'eau.

		Chaleur spécifique.		Equivalent en gram. d'eau.
Mercure.	12.80 gram.	× 0.0330	=	0.4224
Verre....	2.24 gram.	× 0.1770	=	0.3960
Fer.......	42.11 gram.	× 0.1098	=	4.6236
Platine..	64.00 gram.	× 0.03125	=	2.0000
		Total......		7.4420

Par conséquent l'effet d'absorption de ces corps équivaut à l'addition de 7 gr. 4426 ou 128 gram. d'eau, c'est-à-dire qu'il faut ajouter $\frac{1}{17.2}$ comme correction à toutes les températures obtenues avec cet appareil, ou en d'autres termes que le multiplicateur devra être porté à fort peu près de 31,25 à 33, dans tous les cas où le poids du mercure et du verre thermomètre du vase en fer et du platine seront les mêmes que ceux ci-dessus indiqués.

Voici quelques résultats obtenus avec ce nouveau pyromètre : Dans les expériences auxquelles ils se rapportent, les points de fusion ont été déterminés en mettant environ 56 gram. du métal dans une coupelle placée tout à côté d'une autre coupelle contenant le morceau de platine ; à l'instant où le métal entrait en fusion, on retirait le platine et on mesurait la température, comme on l'a dit ci-dessus. Il faut éviter tout contact entre le platine et le corps en fusion, afin qu'il ne se forme pas des alliages ou qu'une portion du métal n'adhère pas au platine, ce qui affecterait les résultats. Les métaux doivent être placés aussi près qu'il est possible, mais sans aucun contact. Pour enlever le platine, on se sert de pinces chauffées au rouge, afin qu'il y ait la moindre soustraction possible de chaleur pendant ce contact instantané.

Températures des points de fusion en degrés centigrades.

	WILSON. Nouveau pyromèt.	POUILLET. Pyromèt. à air.	DANIEL. Pyromèt. en fer.
Argent.	1032°	1000°	1023°
Cuivre.	1215	»	1091
Fonte grise.	1271	1210	1526
Fourneau de fusion du cuivre.	1165	»	»
Crown-glass.	1228	»	»
Flint-glass.	1196	»	»
Scories de cuivre. . .	1121	»	»

Le morceau de platine est la pièce la plus dispendieuse de l'appareil, et dans la pratique on peut le remplacer par

un petit bloc d'argile de Stourbridge cuite, ou toute autre argile réfractaire. L'auteur a trouvé, par expérience, qu'un parallélipipède d'argile de Stourbridge du poids de 12,8 gram., chauffé jusqu'au point de fusion de l'argent et plongé dans le vase étamé contenant 128 gram. d'eau, élevait la température de cette eau de 22°78 C. Or, si on divise 1032 degrés, point de fusion de l'argent, par 22,77, on obtient 45,32 comme le nombre correspondant à 1 degré de ce pyromètre, et le nombre 45,32 sera le multiplicateur exact, sans qu'il soit besoin de correction pour la chaleur absorbée par le thermomètre, le vase et l'argile.

On peut s'assurer ainsi de la température dans les foyers et les carneaux des fourneaux des machines à vapeur avec le parallélipipède d'argile qu'on introduit dans une petite capsule, accrochée au bout d'une verge en fer, par un petit trou dans le foyer ou le carneau, et qu'on y laisse assez de temps pour être certain qu'il a acquis la température du milieu où il est plongé, et qu'on retire et immerge aussitôt dans l'eau sans qu'il ait touché un autre corps. Ce morceau d'argile peut servir indéfiniment, il faut seulement que la matière soit pure et bien cuite. Les parallélipipèdes n'ont pas besoin d'avoir plus de 12 à 13 millim. (6 lignes environ) d'épaisseur pour que la terre soit bien uniformément chauffée dans toute sa masse, attendu que cette matière est un mauvais conducteur de la chaleur.

Les résultats obtenus avec ce pyromètre ne peuvent être regardés comme étant rigoureusement vrais, puisque dans les calculs on considère la chaleur spécifique du platine comme la même à toutes les températures : ce qui n'est pas vrai, puisqu'on sait que cette chaleur croît avec la température. Néanmoins ces indications sont tout aussi approximativement exactes que celles qu'on peut obtenir d'un thermomètre à mercure, et de tous les appareils fondés sur la dilatation des corps par la chaleur.

Fig. 146, vue en élévation et en coupe du vase en fer étamé ; E, eau ; T, thermomètre ; P, morceau de platine.

Fig. 147, plan du même vase.

Fig. 148, le morceau de platine vu séparément.

Fig. 149, A, le parallélipipède d'argile réfractaire.

TROISIÈME PARTIE.

Du Verre, de ses propriétés et de sa fabrication.

Les chimistes modernes regardent le verre comme une combinaison saline de la silice avec la potasse, la soude, l'alumine, la chaux, les oxydes de plomb, de cobalt, de nickel, etc. Dans ces combinaisons, la silice joue le rôle d'un acide, et ces composés, ou ces verres divers, sont considérés comme des silicates qui peuvent être à l'état neutre ou avec excès de base, ce qui constitue les verres alcalins. Mais suivant cet axiôme si connu en chimie, *corpora non agunt nisi sint soluta*, pour que cette union ait lieu, il faut que l'un ou mieux les deux corps soient à l'état liquide : c'est cet effet que produit la fusion plus ou moins prolongée, suivant la nature des constituants. Si l'on veut opérer cette composition entre la silice et une de ces bases solubles, telles que la potasse ou la soude, il suffit de les faire bouillir ensemble dans l'eau. L'on peut même faire une espèce de verre en saturant de silice une solution de potasse caustique; par l'évaporation, l'on obtient un résidu qui, appliqué humide sur les corps, forme une couche vitrifiée, insoluble dans l'eau, inaltérable à l'air, et les préserve de la combustion.

Le verre, dans son état de perfection, est un corps transparent, incolore, inodore, insipide, dur, fragile; cassure luisante à angles très-tranchants; il est très-sonore, susceptible d'un très-beau poli, jouissant de la propriété de transmettre les rayons lumineux en les réfractant, ou de les réfléchir exactement si sa surface postérieure est recouverte d'un enduit opaque et brillant (les glaces). Le verre est très-élastique et l'un des corps les plus sonores ; son poids spécifique varie suivant la nature et la quantité des substances vitrifiées avec la silice. Voici les principales, l'eau étant prise à 100 :

Quartz blanc demi-transparent et sable cristallisé de.	258 à 265
Verre fait avec le quartz et la potasse. . .	236 à 238
Demi-vitrification opaque faite avec la chaux et la potasse.	300

Verre avec quartz.	100	
Chaux.	8	
Soude de.	45 à 48. .	242 à 243
Verre avec parties égales de quartz et de cendres des meilleures soudes d'Alicante. .		252 à 253
Verre vert.		264.23
Verre à vitres commun.		268 à 270
Verre à bouteilles.		273.23
Verre avec l'alumine et la potasse. . . .		270
Verre blanc.		289.22
Verre avec quartz.	62	
Argile.	38	
Alcali fixe.		250
Verre avec le basalte d'Ecosse.		281
Cristal avec sable blanc.. . .	100	
Minium de.	50 à 60	
Potasse calcinée de.	30 à 40. .	280 à 300
Cristal avec sable blanc.. . .	100	
Minium de	80 à 85	
Potasse calcinée de.	35 à 40. .	320 à 330
Cristal imitant le diamant fait avec		
Sable blanc.	100	
Minium..	150	
Potasse calcinée de.	30 à 35	
Borax calciné. . . .	10. .	350 à 360
Cristal ou strass propre à la fabrication des pierres précieuses :		
Sable blanc.	100	
Minium.	200	
Potasse calcinée de.	20 à 25	
Nitrate de potasse de	20 à 25. .	380 à 400
Cristal de Saint-Gobain.		248.82
Cristal de Leith.		318.90
Flint-glass anglais.		332.93

L'on voit que le poids spécifique du verre peut varier de 2, 3 à 4, suivant les proportions d'oxydes métalliques qui entrent dans sa composition.

Par le frottement, le verre développe l'électricité vitreuse ou positive, et attire, en raison de cette propriété, les corps légers.

Nous avons dit que le verre était cassant ou mieux ductile; mais ce n'est qu'à froid, car lorsque le verre est ramolli par la

chaleur et porté au rouge, il est si ductile qu'on peut le tirer en fils presque invisibles. On a tiré parti de cette propriété pour en faire de très-beaux plumets, et même divers objets de curiosité. Jadis on fabriquait un grand nombre d'ouvrages en verre filé qui étaient très-recherchés; ce genre d'industrie ne paraît pas maintenant avoir un grand développement ; malgré cela, on s'y livre chez l'étranger avec succès. A l'exposition de 1819, on a vu les productions en ce genre de MM. Lecœur, ainsi qu'un superbe coffret-nécessaire en verre filé, exécuté dans les ateliers de M. Gibon, et plus tard on a admiré aussi aux expositions nationales, les belles étoffes en verre filé de M. Dubus-Bonnel.

A une plus haute température, le verre se fond d'autant plus vite, qu'il contient plus d'alcali, et surtout plus de minium. Lorsque le verre est fondu, si on en laisse tomber une goutte dans de l'eau froide, on obtient un verre auquel on donne les noms de *larmes bataviques*, *gouttes du prince Robert*, que nous allons faire connaître.

LARMES BATAVIQUES.

Les larmes bataviques sont des gouttes de verre que les ouvriers laissent tomber dans l'eau froide. Lorsqu'on casse le petit bout, elles se réduisent en poussière avec violence dans la main de celui qui fait cette expérience, mais sans le blesser. Si l'on fait rougir ces larmes, et qu'on les fasse refroidir peu à peu, elles perdent cette propriété; en cet état, si vous les faites rougir de nouveau, et que vous les plongiez tout-à-coup dans l'eau froide, elles la reprennent.

Les physiciens modernes attribuent la ruptnre de ces larmes à l'élasticité des molécules du verre. Le verre à l'état liquide ou à l'état de mollesse, dit M. Beudant, occupe plus de place qu'à l'état solide ; au moment de l'immersion des gouttes de verre fondu dans l'eau, leur couche extérieure se solidifie, en se modelant, en quelque sorte sur les molécules intérieures qui sont encore molles, et par conséquent dilatées. Il est donc évident que la surface de la larme est beaucoup plus grande que si le refroidissement avait eu lieu graduellement. Ce principe admis, quand les molécules intérieures se refroidissent, elles tendent à diminuer de volume ; mais, comme elles se trouvent retenues par l'attraction de la surface déjà solidifiée, qui détermine l'espace qu'elles doivent remplir, il en résulte que, ne pouvant par se rapprocher autant qu'elles l'auraient fait si le refroidissement eût été lent, elles se trouvent dans un arrangement, pour ainsi dire forcé, et dans une tension qui se développe aussitôt qu'on brise le petit bout de ces larmes.

EXPÉRIENCE. *Gobelets dont le fond se réduit en poussière comme les larmes bataviques.*

On fait dans les verreries de petits gobelets dont le fond très-épais a été refroidi dans l'eau comme les larmes bataviques. Lorsqu'on veut les réduire en poudre, on laisse tomber perpendiculairement sur le fond un morceau de verre ou de caillou anguleux. Cet effet n'a plus lieu si on fait rougir le verre, et qu'on le fasse refroidir lentement. Cette dernière expérience démontre la nécessité de faire recuire les ouvrages en verre, etc.

Lorsque le verre est fondu, il offre une masse liquide homogène; il conserve cet état d'homogénéité, si le refroidissement est plus ou moins prompt. S'il a lieu très-lentement, une partie de la silice unie à un peu de potasse cristallise. Ce refroidissement du verre plus ou moins gradué, donne lieu en partie à des changements notables dans le verre que Réaumur et Lewis ont les premiers étudiés. C'est au premier surtout que l'on doit la conversion du verre en porcelaine : nous aurons soin de la faire connaître. Depuis ces deux chimistes, MM. Dartigues, Dumas, Splitgerber, etc., ont étudié soigneusement cette dévitrification : c'est une véritable cristallisation qui s'opère en laissant refroidir lentement le verre fondu : les verres à bouteilles sont ceux qui l'éprouvent le plus facilement. Ceux qui n'ont pour constituants ni alumine, ni chaux, sont très-difficiles à dévitrifier; nous devons ajouter qu'il est presque impossible de réduire, en cet état, ceux qui ne contiennent pas du tout de ces oxydes terreux. Lorsqu'on veut rétablir le verre dévitrifié en verre, il faut un coup de feu plus élevé que celui qui est nécessaire pour la fusion des matières vitreuses. Du reste, nous allons revenir dans un instant sur ce sujet intéressant.

Autres propriétés du Verre.

L'air n'exerce aucune action sur le verre fabriqué dans les proportions requises, comme le prouvent ces verres rapportés d'Egypte dont l'existence remonte à environ trois mille ans. Mais lorsque le verre contient un excès d'alcali, l'air humide l'attaque, et ce verre, en perdant une partie de son alcali, perd une partie de son poli, devient terne, grenu et moins dur; en un mot, il perd la plus grande partie de ses qualités.

Action de l'eau. Il est reconnu que l'eau bouillante exerce une action chimique sur le verre. Bayle et Margraaff avaient reconnu qu'en soumettant de l'eau à des distillations long-

temps continuées dans des appareils de verre, ils obtenaient de la silice ; depuis, le docteur Priestley a découvert que le verre pouvait être décomposé par l'action très-prolongée de l'eau chaude ; enfin, de nos jours, M. Griffiths s'est livré à des expériences relatives à l'action de l'eau sur le verre avec quelques observations sur sa lente décomposition.

M. Griffiths s'est assuré, par les expériences suivantes, que le verre était alcalin. Du flint-glass épais fut réduit en poudre fine dans un mortier de terre, et placé sur un morceau de papier curcuma ; on humecta ce papier avec de l'eau, et sa couleur jaune fut instantanément changée en rouge, presque aussi fortement que si l'on eût employé de l'eau de chaux ; on répéta cette expérience avec le plus grand soin, en évitant toute cause d'erreur, et l'on obtint le même résultat. Une nouvelle portion de flint-glass fut soumise à l'ébullition dans l'eau pendant quelques heures ; la liqueur surnageante ayant été décantée et évaporée, devint fortement alcaline au goût et aux autres réactifs ordinaires ; on reconnut, par d'autres expériences, que l'alcali du flint-glass était de la potasse, et que cette espèce de verre en contenait approximativement 7 grains sur 100. M. Griffiths trouva aussi de la potasse dans le crown-glass, l'émail blanc et le verre vert à bouteilles.

Plusieurs fragments de verre antique offrirent des propriétés alcalines encore plus marquées que les verres modernes. L'auteur fait remarquer que le verre s'altère très-rapidement lorsqu'il est en contact avec des matières animales en décomposition. Il cite les fenêtres des écuries et les bouteilles placées dans de semblables endroits, qui présentent souvent de très-beaux reflets d'iris ; il attribue ces effets à la matière siliceuse isolée qui a pris la forme de pellicules minces disséminées sur la surface du verre.

Action des alcalis. Puisqu'il est reconnu que les alcalis caustiques, en s'unissant à la silice, la rendent soluble, et constituent la *liqueur des cailloux*, il doit en être de même du verre. En effet, si l'on met du verre bien porphyrisé dans une solution de potasse ou de soude caustique, ces alcalis le dissolvent peu à peu, surtout si leur action est aidée de celle du calorique. L'expérience a aussi démontré que, si l'on fait bouillir des alcalis caustiques dans des vases de verre, ils ne tardent pas à être attaqués ; enfin, le verre se fond aisément avec les alcalis, et donne de nouveaux verres qui attirent l'humidité de l'air, se dissolvent dans l'eau, et sont composés par des acides qui en séparent la potasse.

Action des acides. La force de cohésion du verre le rend

inattaquable par les acides autres que l'acide fluorique qui le dissout promptement ; c'est en raison de cette propriété, qu'il est employé pour la gravure sur verre, comme nous le ferons connaître ailleurs. Si le verre contient un peu trop de potasse ou d'oxyde de plomb, les acides sulfurique, nitrique et surtout l'hydrochlorique l'attaquent. Il en est de même si on réduit le verre en poudre. Cadet a démontré le premier que, si on porphyrisait les verres, même les plus durs et les moins salins, et qu'on les soumît à l'action des trois acides précités, ils s'emparaient de la plus grande partie de leur alcali, et mettaient la silice à nu.

Composition des diverses variétés de verre.

On a déjà dit que tous les éléments qui constituent les verres sont dans un état de combinaison chimique. Ces éléments doivent donc, individuellement, être unis dans des proportions définies ou d'équivalent à équivalent. Ces rapports sont quelquefois masqués parce que différents oxydes se substituent les uns aux autres, mais la régularité de la composition ressort toujours du rapport simple entre la proportion totale d'oxygène dans les bases, et celle contenue dans l'acide silicique ou silice. Nous allons rapporter ici les analyses faites par les plus habiles chimistes, de différentes espèces de verre, en faisant ressortir les rapports qui existent dans ces matières entre l'oxygène des bases et celui de l'acide.

Verre à bouteilles.

ÉLÉMENTS.	ANALYSÉS par M. Berthier.			ANALYSÉS par M. Dumas.	
	1	2	3	4	5
Silice.	60.0	60.4	59.6	53.55	45.6
Potasse.	3.1	3.2	3.2	5.48	6.1
Soude.			»	»	»
Chaux.	22.3	20.7	18.0	29.22	28.1
Magnésie.	»	0.6	7.0	»	»
Baryte.	»	0.9	»	»	»
Protoxyde de manganèse	1.2	»	0.4	»	»
Alumine.	8.0	10.4	6.8	6.01	14.0
Oxyde de fer.	4.0	3.8	4.4	5.74	6.2
Oxyde de manganèse. .	»	»	»	»	»
Rapport entre l'oxygène de l'acide et l'oxygène total des bases. . . .	5 : 2	?	7 : 3	2 : 1	4 : 3

Le verre n° 1 provenait de Souvigny, celui n° 2, de Saint-Etienne, celui n° 3, d'Epinac, celui n° 4, de Sèvres, et celui n° 5, d'origine inconnue, mais de fabrique française.

Verre pour la droquerie.

ÉLÉMENTS.	ANALYSÉS PAR M. BERTHIER.			
	1	2	3	4
Silice.	71.6	62.5	69.6	62.0
Potasse.	10.6	10.5	8.0	»
Soude.	»	»	3.0	16.4
Chaux.	10.0	16.2	13.0	15.6
Magnésie.	»	»	0.6	2.2
Protoxyde de manganèse.	0.3	1.2	»	»
Alumine.	3.0	4.5	3.6	2.4
Oxyde de plomb.	1.5	2.5	1.6	0.7
Rapport de l'oxygène de l'acide à celui total des bases.	6 : 1	7 : 2	9 : 2	5 : 1

Toutes ces variétés de verre étaient d'origine française.

Verre à vitres.

ÉLÉMENTS.	DUMAS.							RICHARDSON	COWPER.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Silice.	69.65	69.25	68.55	68.65	68.5	68.0	69.0	66.37	71.4
Soude.	15.22	11.30	12.88	17.70	13.7	10.1	11.1	14.25	15.0
Chaux.	13.31	17.25	16.17	9.65	7.8	14.3	12.5	11.86	12.4
Alumine.	1.82	2.20	2.40	4.00	10.0	7.6	7.4	8.16	0.6
Rapport de l'oxygène de l'acide à l'oxygène total des bases. .	4 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1	7 : 2	7 : 2	7 : 2	7 : 2	9 : 2

Les verres nos 1, 2, 3, 4, 5, 6, étaient d'origine française; ceux nos 7, 8, 9, d'origine anglaise. Ce dernier verre no 9, sortait de la grande manufacture de MM. Chance à Birmingham et est remarquable par la grande quantité de silice qu'il renferme et la faible proportion d'alumine. M. Cowper y a aussi trouvé 0,3 d'oxyde de fer et 0,3 d'oxyde de manganèse.

Verre à glaces.

ÉLÉMENTS.	Berthier. 1	Tassaert. 2	Dumas. 3	Dumas. 4	Berthier. 5
Silice.	72.0	76.0	75.9	73.85	68.6
Potasse.	»	»	»	5.50	6.9
Soude.	17.0	17.0	17.5	12.05	8.1
Chaux.	6.4	6.0	3.8	5.60	11.0
Magnésie.	»	»	»	»	2.1
Protoxyde de manganèse.	»	»	»	»	0.1
Alumine.	2.6	»	2.8	3.50	1.2
Oxyde de fer.	1.9	1.0	»	»	0.2
Rapport de l'oxyg. de l'acide à celui total des bases. .	6 : 1	?	7 : 1	7 : 1	5 : 1

Toutes ces espèces de verre étaient d'origine française, excepté celle no 5 qui était un verre de Venise.

Variétés diverses de verre blanc.

ÉLÉMENTS.	Berthier. 1	Gros. 2	Dumas. 3	Berthier. 4	Dumas. 5
Silice.	71.7	71.6	69.4	69.2	62.8
Potasse.	12.7	11.0	11.8	15.8	22.1
Soude.	2.5	»	»	3.0	»
Chaux.	10.3	10.0	9.2	7.6	12.5
Magnésie.	»	2.3	»	2.0	»
Protoxyde de manganèse.	0.2	0.2	»	»	»
Alumine.	0.4	2.2	9.6	1.2	2.6
Oxyde de fer.	0.3	3.9	»	0.5	»
Rapport entre l'oxygène de l'acide et celui total des bases	6 : 1	6 : 1	4 : 1	4 : 1	3 : 1

Le verre n° 1 était un gobelet de Neufeld en Bohême ; le n° 2, un autre verre de la même localité ; le n° 3, un verre de Bohême ; le n° 4, un tube de verre fusible français ; le n° 5, du crown-glass.

Cristal.

ÉLÉMENTS.	Berthier. 1	Berthier. 2	Berthier. 3	Dumas. 4	Faraday. 5
Silice.	59.2	56.0	51.4	56.0	51.93
Potasse.	9.0	6.6	9.4	8.9	13.67
Chaux.	»	»	»	2.6	»
Oxyde de plomb. .	28.2	34.4	37.4	32.5	33.28
Protoxyde de manganèse.	1.0	»	»	»	»
Alumine.	»	1.0	1.2	»	»
Oxyde de fer.. . .	0.4	»	0.8	traces.	»
Rapport de l'oxyg. de l'acide à celui total des bases. .	8 : 1	8 : 1	6 : 1	6 : 1	6 : 1

Le nº 1 était du cristal destiné à la fabrication des instrument d'optique ; le nº 2, du cristal de Voneche en Belgique ; le nº 3, du cristal de Newcastle ; le nº 4, du cristal d'origine inconnue ; le nº 5, du cristal anglais.

Flint-glass, strass et émail.

ÉLÉMENTS.	FLINT-GLASS de Guinand. Faraday.	FLINT-GLASS de Guinand. Dumas.	STRASS de Douaut-Wieland — Dumas.	ÉMAIL. — Dumas.
Silice.	44.03	42.5	38.5	31.6
Potasse.	11.75	11.7	7.9	8.3
Chaux.	»	0.5	»	»
Oxyde de plomb. . .	43.05	43.5	53.0	50.3
Oxyde d'étain. . . .	»	»	»	9.8
Alumine	»	1.8	1.0	»
Rapport de l'oxygène de l'acide à celui total des bases. . .	9 : 2	4 : 1	7 : 2	7 : 3

M. Péligot a fait aussi l'analyse de plusieurs verres de Bohême et du verre aventurine de Venise, et leur a trouvé la composition suivante :

	Verre de Bohême.	Verre opale de Bohême.	Verre aventurine de Venise.	Verre à miroir de Bohême.
Silice.	76	80.9	67.7	67.7
Potasse.	15	17.6	5.5	21.0
Chaux..	8	0.7	8.9	9.9
Alumine.	1	0.8	»	1.4
Oxyde d'étain.. .	»	»	7.1	»
Oxyde de plomb.	»	»	2.5	»
Cuivre..	»	»	1.1	»
Oxyde de fer. . .	»	traces. . .	3.9 3.5	» »
	100 (1)	100.0 (2)	100.0 (3)	100.0

M. Rowney a analysé un verre dur de Bohême dont on fait des tubes pour les recherches chimiques, et a trouvé qu'il consistait essentiellement en un silicate de chaux et de potasse où l'oxygène de la silice était à celui des bases comme 6 : 1. L'analyse a donné :

Silice.	73.0
Potasse.	11.5
Soude.	3.0
Chaux.	10.5
Alumine peroxyde de fer . . . . . . Magnésie et oxyde de manganèse. . .	2.0
	100.0

Mais ces tubes n'ont pas toujours la même composition, et quelques-uns sont plus fusibles que d'autres.

(1) Le flint-glass de Bohême se distingue des autres en ce qu'il ne contient pas de plomb,

(2) Ce verre ressemblait à l'hyalite ou hydrate de silice de Thomson. Sa composition est remarquable, c'est un simple silicate de potasse qui par une fusion imparfaite reste demi-transparent avec morceaux de quartz déposés dans la masse. Il diffère du verre soluble de Fuchs, en ce qu'il renferme 10 pour 100 de silice de plus.

(3) Ce verre renfermait aussi des traces de magnésie ainsi que d'acide phosphorique ou d'acide borique, dont les cristaux paraissent dispersés dans la masse qui est jaunâtre et transparente en feuilles minces. Le cuivre y est à l'état métallique; l'étain et le fer y servent évidemment à faciliter la formation des cristaux de ce cuivre après quoi l'étain devient un silicate de protoxyde, autrement le verre serait opaque.

L'analyse chimique démontre donc que malgré la variété infinie des éléments qui composent les verres, ceux-ci sont toujours combinés en proportions définies. C'est ce qu'on aperçoit plus clairement quand on en déduit les formules empyriques de la composition sur 100 parties. On trouve aussi que sur ces 100 parties

Le verre à bouteilles n° 5, correspond à... $KO + 8CaO + 2Al_2O_3 + F_2O_2 + 8SiO_3$;

Le verre à vitres n° 2, correspond à....... $3NaO + 5CaO + 12SiO_3$;

Le verre à glaces n° 1, correspond à... $2NaO + CaO + 6SiO_3$;

Le crown-glass blanc n° 5, correspond à... $KaO + CaO + 3SiO_3$;

Le cristal n° 2, correspond à............ $KaO + 2PbO + 8SiO_3$;

Le flint-glass n° 2, correspond à.......... $6KaO + 9PbO + 20SiO_3$;

Le strass n° 1, correspond à.............. $3KaO + 9PbO + 16SiO_3$, etc.

Malgré qu'on puisse faire des hypothèses plus probables sur la manière dont la silice se partage entre les bases et sur la constitution réelle du verre, et quoique les calculs ci-dessus ne conduisent pas à des formules bien rationnelles, il n'en est pas moins vrai que la connaissance de ces formules empyriques pour les diverses espèces de verre indiquées ci-dessus, sont un guide précieux pour le mélange des matériaux dans la fabrication de ce produit et très-utiles pour perfectionner et corriger les données de l'expérience.

Nous ne pouvons pas quitter ce sujet sans mentionner encore un beau travail entrepris récemment par deux chimistes MM. J. E. Mayer et J. S. Brazier, sur l'analyse des verres à vitres que produisent les fabriques d'Angleterre. Ce travail, que nous reproduisons ici par extrait, a été inséré dans le tome II du *Technologiste*, pag. 352.

En parcourant, disent ces chimistes, les analyses des différentes espèces de verre qui ont été publiées, nous avons remarqué qu'on avait accordé peu d'attention à la composition du verre à vitres, substance devenue presque indispensable à

la vie. De plus, un fait remarquable c'est qu'on n'a jamais publié d'analyse sur le verre à vitres qu'on fabrique en Angleterre.

La notice suivante renferme les résultats que nous avons obtenus en analysant trois échantillons de verre à vitres qu'on s'est procurés dans les trois plus grandes verreries de l'Angleterre, savoir : 1° *British plate-glass company*, Saint-Helens, Liverpool; 2° *London and thames plute-glass company*, Bow-Creek, Blackwal; 3° *London and Manchester plate-glass company*, Saint-Helens, Liverpool.

Pour analyser ces échantillons de verre, on les a réduits à un état extrême de division et mis en digestion dans l'eau; aucun d'eux n'a présenté de réaction aux papiers réactifs les plus délicats.

Pour déterminer le degré de leur solubilité dans l'eau, on en a mis digérer 4 à 5 gram. dans ce liquide pendant quarante-huit heures, et la solution claire n'a laissé dans chaque cas, après évaporation, qu'un léger résidu, trop faible pour qu'on pût le déterminer.

Les poids spécifiques de ces échantillons étaient les suivants :

British glass-plate.	2.319
London thames glass-plate..	2.242
London and Manchester glass-plate.	2.408

Un examen qualicatif a démontré la présence de l'acide silicique, de la potasse, de la soude, du sesquioxyde de fer, de l'alumine, de la chaux, et dans l'un des cas, de traces de manganèse.

L'acide silicique a été dosé à la manière ordinaire par la fusion avec du carbonate de potasse pur. Le sesquioxyde de fer, l'alumine et la chaux ont été précipités ensuite de la liqueur hydrochlorique filtrée.

Pour doser les alcalis, on a décomposé les verres par le moyen de l'acide fluorhydrique dans un appareil recommandé par M. Brunner (*Annalen der chemie von Poggendorff*. t. XLIV, p. 134) et qui consiste en une capsule en plomb à fond plat d'environ 15 centim. (6 pouces) de diamètre et 10 centim. (4 pouces) de hauteur, au centre de laquelle est placé un petit anneau de plomb de 3 centim. (1 pouce environ) de hauteur qui sert de support à un plat en platine. La capsule en plomb porte un couvercle fermant hermétiquement.

Pour se servir de l'appareil, on couvre le fond de la capsule d'une couche de spath-fluor pulvérisé de 12 à 13 millim.

(6 lignes environ) d'épaisseur, et on verse dessus de l'acide sulfurique pour en former une pâte épaisse. Un poids déterminé de verre finement pulvérisé, après avoir été déposé dans le plat de platine, est recouvert d'eau et placé dans l'anneau de plomb. Le tout est maintenu à une douce chaleur dans un bain de sable ou sur une lampe à alcool.

Comme au moyen de quelques expériences préliminaires, nous avions trouvé que l'action sur le verre était excessivement lente quand il était simplement recouvert d'eau, nous avons, à l'instigation du docteur Hofmann, essayé au lieu d'eau une solution concentrée d'ammoniac ; nous avons trouvé ainsi que l'acide fluorhydrique étant bien plus rapidement absorbé par ce dernier agent, la décomposition marchait d'une manière remarquable.

Le premier des deux tableaux suivants présente la quantité de substance qu'on a employée, et le second, les résultats qu'on a obtenus.

TABLEAU N° I.

	1 British plate-glass.		2 London thames plate-glass.		3 London and Manchester plate-glass.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.
Quantité de verre pour l'analyse générale. . . .	1.3429	1.1750	1.1579	1.1906	1.0508	1.1095
Quantité de verre pour le dosage des alcalis . . .	1.9400	2.1500	1.4200	1.6800	1.0200	2.0700

TABLEAU N° II.

	1 British plate-glass.		2 London thames plates-glass.		3 London and Manchester plate-glass.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.	gram.
Acide silicique..	1.0402	0.9180	0.9090	0.9300	0.8200	0.8630
Chlorides de potassium et de sodium.	0.5700	0.6460	»	»	0.2675	0.5360
Bichloride de platine et de potassium.	0.3100	0.3610	»	»	0.0925	0.1835
Chloride de sodium.. . .	0.4735	0.5360	»	»	0.2390	0.4790
Sesquioxyde de fer et d'alumine.	0.0127	0.0105	0 0320	0.0495	0.0373	0.0405
Carbonate de chaux.. . .	0.1266	0.1135	0.1245	0.1305	0.0887	0.0987
Sulf. de potasse et de soude	»	»	0.4105	0.4940	»	»
Sulfate de baryte.	»	»	0.6645 [1]	0.7960	»	»

[1] Ces nombres ont été obtenus par un dosage indirect des alcalis.

Les nombres suivants correspondent aux résultats précédents :

I. *British plate-glass.*

	I.	II.	Moyenne.
Acide silicique. . .	77.4592	77.2700	77.3646
Potasse.	2.8110	3.2192	3.0151
Soude..	12.9232	13.2028	13.0630
Chaux..	5.2191	5.4096	5.3144
Manganèse.	»	»	»
Sesquioxyde de fer.	0.9457	0.8936	0.9197
Alumine.	traces.	traces.	traces.
	99.3582	99.9952	99.6768

II. *London thames plate-glass.*

	I.	II.	Moyenne.
Acide silicique. . .	78.5050	78.8669	78.6859
Potasse.	1.2744	1.4176	1.3460
Soude..	11.5919	11.6724	11.6322
Chaux..	6.0605	6.1380	6.0992
Manganèse.	»	»	»
Sesquioxyde de fer.	traces.	traces.	traces.
Alumine.	2.7636	2.5970	2.6803
	100.1954	100.6919	100.4436

III. *London and Manchester plate-glass.*

	I.	II.	Moyenne.
Acide silicique. . .	78.0357	77.7827	77.9092
Potasse.	1.7453	1.7062	1.7257
Soude..	12.4373	12.2822	12.3598
Chaux..	4.7270	4.9816	4.8543
Manganèse.	traces.	traces.	traces.
Sesquioxyde de fer.	»	»	»
Alumine.	3.5495	3.6502	3.5998
	100.4948	100.4029	100.4488

Nous joignons à ces résultats un autre tableau contenant l'analyse de diverses variétés de verres à vitres, afin qu'on puisse comparer le verre anglais avec celui fabriqué sur le continent. Le verre de Venise a été analysé par M. Berthier, le verre à glaces de Bohême par M. Péligot et les verres français pas M. Dumas.

	Verre à vitres de Venise.	Verre à vitres de Bohême.	Verres à vitres français. N° 1.	Verres à vitres français. N° 2.	British plate-glass.	London thames plate-glass.	London and Manchester plate-glass.
Acide silicique. . . .	68.6	67.7	73.9	73.85	77.36	78.68	77.90
Potasse.	6.9	21.0	»	5.50	5.01	1.34	1.72
Soude.	8.1	»	17.5	12.05	13.06	11.63	12.35
Chaux.	11.0	9.9	5.8	5.60	6.31	6.09	4.85
Magnésie.	2.1	»	»	»	»	»	»
Manganèse.	0.1	»	»	»	»	»	traces.
Oxyde de fer. . . .	0.2	»	»	»	0.91	traces.	»
Alumine.	1.2	1.4	2.8	3.50	traces.	2.68	3.59
	92.2	100.0	100.0	100.00	99.65	100.42	100.41

Le verre à vitres est généralement considéré comme un silicate double de chaux et de soude ou de chaux et de potasse. Les expressions atomiques suivantes représentent les différentes analyses contenues dans le tableau précédent. La quantité de potasse renfermée dans les verres anglais étant peu considérable, cet oxyde a été négligé dans la construction des formules.

Verre à vitres de Venise......	2 KO,	3 NaO,	5 CaO,	22 SiO_3
Verre à glaces de Bohême....	KO,		CaO,	4 SiO_3
Verre à vitres français, n° 1.		4 NaO,	CaO,	11 SiO_3
idem. n° 2.	KO,	3 NaO,	2 CaO,	14 SiO_3
British plate-glass............		2 NaO,	CaO,	9 SiO_3
London thames plate-glass..		2 NaO,	CaO,	8 SiO_3
London and Manchester plate-glass.		2 NaO,	CaO,	9 SiO_3

De la dévitrification du verre.

La question de la dévitrification du verre est un phénomène du plus grand intérêt et sur lequel l'attention des verriers ne saurait être trop dirigée, surtout quand on songe, qu'en raison de ses propriétés, le verre dévitrifié peut remplacer la porcelaine dans tous ses usages; c'est ce qui nous détermine à faire connaître l'opinion et les expériences des chimistes sur ce sujet important.

« Les verres à plusieurs bases, dit M. Dumas dans son *Traité de chimie appliquée aux arts*, pag. 546, où il a traité cette question avec beaucoup de savoir, peuvent éprouver diverses altérations, quand ils sont fondus et refroidis lentement. La silice se partage entre ces bases, et forme ainsi des composés à proportions définies, qui cristallisent chacun séparément: de telle sorte, que le mélange intime des matières qui constituent le verre, se trouve ainsi détruit; le verre devient alors *très-dur*, *fibreux*, *opaque*, *beaucoup moins fusible*, *meilleur conducteur de l'électricité et de la chaleur*, c'est ce que Réaumur appela du *verre dévitrifié*, lorsqu'il observa ce phénomène dont la découverte lui est due.

La dévitrification du verre est un phénomène général, qui se présente sur toutes les espèces de verre, mais surtout sur les verres à plusieurs bases terreuses, et plus difficilement sur les verres plombifères ou sur les verres simplement alcalins. On le produit presque toujours en fondant le verre, et l'abandonnant à un refroidissement très-lent, ou bien en chauffant le verre au point de le ramollir, et le soumettant à une chaleur prolongée et à un refroidissement gradué. L'o-

pération réussit mieux sur le verre à bouteilles que sur tous les autres ; puis vient le verre simple à base de soude ; après celui-ci, le cristal, et le verre simple à base de potasse, le dernier.

Cette propriété exerce une si grande influence sur la fabrication du verre, qu'il est difficile de n'en pas faire immédiatement l'application. Elle explique en effet, pourquoi, dans la fabrication des bouteilles, on évite avec tant de soin de réchauffer plusieurs fois la masse de verre qu'on veut façonner ; elle se dévitrifierait véritablement au bout de peu d'instants ; le verre deviendrait dur, peu fusible, et présenterait une foule de grains solides, disséminés dans une matière encore molle ; de là, le nom de *verre galeux*, que lui donnent les ouvriers. On conçoit de même pourquoi le verre vert et même le verre blanc ordinaire, et à plus forte raison le verre à bouteilles, ne peuvent être façonnés à la lampe d'émailleur qu'autant que l'ouvrier porte une célérité convenable dans son travail ; s'il y met trop de lenteur, qu'il soit obligé de rechauffer à plusieurs reprises le tube de verre qu'il veut souffler, la masse se dévitrifie encore, et tous les phénomènes que nous venons de décrire, se manifestent. En vain, essaie-t-il alors de souffler une boule, toute la force de ses poumons n'y suffit pas, le verre n'est plus assez mou. D'ailleurs la matière devient alors rugueuse, à demi opaque, et presque infusible.

On conçoit par les mêmes principes, combien il importe de choisir avec soin les verres qu'on destine à fournir des masses volumineuses et épaisses, telles que celles qu'on destine à la fabrication des lentilles nécessaires aux grands instruments d'optique. Le refroidissement de semblables masses est nécessairement très-lent, ce qui amène la dévitrification du verre ; on ne peut donc guère réussir qu'avec le verre à base de plomb et de potasse, et le verre à base de potasse et de chaux. Aussi, ces deux sortes de verre, qui constituent le *flint* et le *crown*, sont-ils employés exclusivement à la fabrication des objectifs pour les lunettes astronomiques.

Examinons maintenant ce phénomène plus en détail.

Pour effectuer la dévitrification du verre, Réaumur choisissait le verre à bouteilles ordinaire ou le verre vert. Il remplissait les vases d'un mélange de plâtre calciné et de sable blanc réduits en poudre fine ; il les introduisait dans une caisse en terre, qui elle-même était remplie d'un semblable mélange, en ayant soin que les vases fussent bien isolés les uns des autres, ainsi que des parois de la caisse ; l'espace vide étant occupé par le plâtre et le sable. La caisse ainsi préparée,

munie d'un couvercle et lutée, était portée dans un four à faïence et abandonnée à elle-même pendant toute la durée d'une cuisson; au bout de ce temps, le verre était entièrement dévitrifié.

La cassure de ce verre est soyeuse, et quand on l'examine avec attention, elle suffit pour montrer comment s'est opéré le phénomène. En effet, précisément au milieu de son épaisseur, le verre présente une ligne brune, et c'est sur ce point que se réunissent une infinité de petites aiguilles cristallines partant de la surface extérieure et intérieure du vase. Ces aiguilles, parfaitement parallèles entre elles, sont d'ailleurs perpendiculaires à la surface du verre, ainsi qu'au plan passant par la ligne de jonction, qui suit elle-même toutes les variations de forme que le vase peut offrir; ajoutons, que dans les vases imparfaitement dévitrifiés, les deux surfaces présentent des aiguilles semblables, mais trop courtes pour se rencontrer, et par conséquent séparées par une portion plus ou moins grande de verre ordinaire, qui occupe la partie moyenne de l'épaisseur du vase. Il est donc évident qu'une cause quelconque détermine la cristallisation du verre; que cette cause agit sur les surfaces d'abord, et se propage ensuite vers la partie moyenne, jusqu'à ce que les cristaux partis des deux points opposés viennent à se rencontrer.

M. Dartigues s'est assuré que le cément n'était point indispensable, et que le verre à bouteilles chauffé seulement au rouge pendant quelques jours, se dévitrifiait entièrement. On verra plus bas, néanmoins, que la potasse se volatilise pendant la dévitrification, ce qui indique l'utilité d'un cément siliceux, qui joue alors le rôle d'un corps absorbant, à la manière de l'acide sulfurique dans l'expérience de Leslie.

Réaumur n'avait pas bien compris la théorie du phénomène de la dévitrification, et plus tard Keir, Pajot-des-Charmes et quelques autres observateurs, en examinant et décrivant les cristallisations qui se trouvent quelquefois dans le verre, ne saisirent pas non plus la liaison intime de ces deux classes de faits. Les recherches de M. Dartigues ainsi que celles de M. Fleuriau de Bellevue, ont mis hors de doute l'identité complète de ces deux phénomènes.

La dévitrification est donc une cristallisation du verre, l'expérience prouve que le verre lentement refroidi cristallise presque toujours, quand le passage de l'état liquide à l'état solide s'est opéré assez doucement pour que les arrangements moléculaires convenables aient pu s'effectuer. Mais il me semble, qu'en appliquant cette idée d'une manière absolue aux verres dévitrifiés de Réaumur, on tomberait dans

une grave erreur, que l'analyse nous apprend à éviter. Il existe, en effet, dans les verres dévitrifiés ou cristallisés deux classes distinctes.

La première classe comprend les verres qui, au moyen d'une chaleur prolongée et quelquefois à l'aide d'un ciment convenable, sont parvenus à un état de combinaison homogène, et ont pris la forme cristalline, en perdant quelques-uns de leurs principes constituants.

La seconde classe comprend les verres qui, au moyen d'une solidification très-lentement opérée, se sont partagés en deux ou plusieurs composés différents, dont les uns ont conservé l'état vitreux, tandis que les autres ont pris une forme cristalline régulière.

Voyons de plus près ce qui se passe dans les deux cas. On sait déjà comment on effectue la dévitrification, d'après Réaumur. Nous allons en examiner d'abord les résultats. L'analyse d'un tube de verre à bouteilles dévitrifié, par M. d'Arcet, à la verrerie de la Garre, à Paris, nous a donné les résultats suivants :

Silice..........	52.0 = 2.7 oxyg		
Alumine.......	12.0 = 5.6 —	}	7.6
Sesquioxyde de fer et de manganèse....	6.6 = 2.0 —	}	
Chaux.........	27.4 = 6.7 —	}	= 7.8
Perte ou potasse....	2.0 = 0.2 —	}	
	100.0		

En comparant cette analyse avec celle du verre à bouteilles ordinaire, on voit que s'il reste de la potasse, la quantité s'en trouve au moins réduite au tiers ou à la moitié de la quantité ordinaire. Du reste, cette analyse montre que l'échantillon analysé est formé d'un atome de sesqui-silicate de fer ou d'alumine et d'un atome de bi-silicate de chaux ou de potasse.

Il est peu probable qu'on obtint le même résultat pour tous les verres analogues, quant à ce qui concerne l'état de saturation des silicates, ou leur rapport entre eux; mais, il est certain que la potasse se volatilise presque en entier par la dévitrification opérée à la manière de Réaumur, et que les autres produits s'arrangent, soit pour constituer un seul silicate, soit pour en former plusieurs qui restent mélangés.

M. d'Arcet a trouvé, il est vrai, que le verre à bouteilles se dévitrifiait sans changer de poids. Cela peut arriver en effet, lorsque l'oxygène, absorbé par le passage de l'oxyde

de fer à l'état de sesquioxyde, se trouve égal en poids à la potasse volatilisée.

Les changements chimiques qu'on observe dans la dévitrification du verre à bouteilles consistent donc :

1° Dans le passage d'une partie ou de la totalité du protoxyde de fer et de manganèse à l'état de sesquioxyde.

2° Dans la formation d'un ou de plusieurs silicates définis et cristallisés, au moyen des produits restants.

Le second procédé de dévitrification se présente quelquefois seul, mais souvent en même temps que le précédent. M. Bontems a bien voulu me faire connaître les curieux résultats d'une expérience faite en grand, à la verrerie de Choisy-le-Roi, dans laquelle ce procédé est bien distinct du précédent. On a fait un verre avec 100 de sable et 40 de carbonate de soude parfaitement pur et sec. Ce verre refroidi rapidement, était transparent comme à l'ordinaire. On l'a refondu et on l'a soumis à un refroidissement lent, pour que la solidification se fît elle-même avec lenteur. On a obtenu ainsi un verre laiteux, grenu et évidemment dévitrifié par places. Les parties dévitrifiées ont été refondues et refroidies rapidement après la fonte, ce qui a fourni de nouveau un verre ordinaire; celui-ci, par une nouvelle fusion et par un refroidissement prolongé, a donné du verre mieux dévitrifié que la première fois. Enfin, les portions qui offraient la dévitrification la plus parfaite, ayant été fondues encore et brusquement refroidies, ont fourni de nouveau du verre doué de ses caractères ordinaires.

Cette expérience remarquable suffit déjà pour établir que dans la solidification lente de verre, il s'établit un partage des éléments, au moyen duquel un silicate défini se cristallise et se sépare ainsi de la masse restante.

Il existe dans le cabinet de l'école polytechnique, une masse de verre détachée d'un fond de creuset. A la surface, se trouve une croûte opaque, blanche, cristallisée en aiguilles et d'une épaisseur régulière de quelques millimètres; tout le reste de la masse est d'une parfaite transparence, mais on observe dans l'intérieur de celle-ci, une foule de prismes blancs et opaques semblables à la croûte extérieure, tantôt isolés, tantôt accolés par groupes de deux, trois, quatre, etc., et formant des étoiles, tantôt plus nombreux encore et formant alors des sphéroïdes. La dévitrification s'est donc opérée ici, à la surface, par suite de l'évaporation de la potasse et dans la masse même, au moyen du partage qui résulte d'un refroidissement lent.

Voici l'analyse des deux sortes de verre que renferme ce morceau :

	Portion transparente.	Portion cristallisée.	
Silice. . . .	64.7 =	68.2 =	36.14 oxyg.
Alumine. . .	3.5 =	4.9 =	2.28 —
Chaux. . . .	12.0 =	12.0 =	3.3 —
Soude. . . .	19.8 =	14.9 =	3.8 —
	100.0	100.0	

Il est évident que la potasse s'est emparée en quantité considérable du verre au moment de la cristallisation. Il ne l'est pas moins, que tandis qu'on ne trouve aucune relation simple entre les éléments du verre transparent, on observe, au contraire, dans le verre cristallisé, une composition nette et bien définie ; car, l'oxygène de l'alumine est à pen près le tiers de celui de la potasse et de la chaux, et l'oxygène de ces trois bases se trouve assez exactement le quart de celui de la silice. C'est donc un composé d'un atome de quadri-silicate d'alumine et de trois atomes de quadri-silicate de soude ou de chaux. Ce qui revient, du reste, à la composition du verre à vitres ordinaire.

Il paraît donc probable d'après cela, qu'au moment où le verre est soumis à une lente solidification, il s'en sépare le composé défini le moins fusible auquel ses éléments puissent donner naissance, celui-ci prenant alors l'état cristallin

Si les analyses précédentes n'avaient résolu la question, celle-ci suffirait pour démontrer que tous les verres sont des silicates à proportions définies, ou du moins des mélanges de divers silicates définis dissous l'un par l'autre.

On est autorisé à conclure de là, qu'en prolongeant suffisamment le temps de la solidification d'une masse vitreuse, il pourrait s'en séparer successivement des composés de plus en plus fusibles, la base alcaline se contracte de plus en plus dans les résidus successifs. On concevrait par là ce qui se passe dans la solidification des laves, qui ont tant d'analogie avec les produits qui nous occupent, et l'on se rendrait compte de la formation de cristaux de nature si variée qu'elles présentent dans leur masse.

En résumé, la dévitrification est une cristallisation du verre due à la formation de composés définis infusibles à la température actuelle au moment de la dévitrification ; tantôt cette infusibilité s'obtient par la volatilisation de la base alcaline ; tantôt, par un simple partage, celle-ci passant alors dans la portion du verre qui conserve l'état vitreux. Tous les verres peuvent donc se dévitrifier, car tous les verres sont

capables de passer à l'état de silicates définis, et par conséquent de silicates cristallisables. Les verres qui contiennent à la fois des oxydes indifférents et des oxydes basiques, se dévitrifieront mieux que les autres, par la tendance qu'ont à s'unir en proportions définies, les silicates indifférents et les silicates basiques. Enfin, les verres dévitrifiés jouiront de propriétés très-variables, car leur composition elle-même différera complètement selon la nature des verres et les circonstances de la dévitrification. Ainsi, tantôt le verre dévitrifié sera boursoufflé ou cristallisé en aiguilles d'un volume considérable ; c'est ce qui arrive avec le verre à vitres. Tantôt il sera cristallisé en aiguilles très-fines ou même simplement transformé en une masse opaline et sans apparence de cristaux. C'est le cas du verre à bouteilles.

M. Kersten a aussi analysé des verres à vitres dévitrifiés, fabriqués dans les environs de Dresde, il leur a trouvé la composition suivante :

	Portion transparente.		Portion cristallisée.	
		Oxygène.		Oxygène.
Silice.	58.8	30.54	60.39	31.40
Alumine.	3.3	1.54	6.10	2.84
Chaux.	20.2	5.77	13.40	3.83
Protoxyde de fer. . . .	3.5	0.80	3.10	0.70
Protoxyde de manganèse.	4.2	0.93	2.20	0.49
Magnésie.	0.5	0.19	0.40	0.15
Potasse.	2.7	0.45	14.41	3.05
Soude.	5.5	1.40		

Dans ces verres on voit donc que l'oxygène de la silice est à celui de l'alumine et des autres bases dans les rapports :

Pour la portion cristallisée $=30.54:1.54:9.54=21:1:6$
Pour la portion transparente $=31.40:2.84:8.22=12:1:3$

rapports qui conduisent aux formules :

Portion cristallisée $=3SiO_3, M_2O_3+9(SiO_3MO)$
Portion transparente $=3SiO_3, M_2O_3+18(SiO_3MO)$.

Les analyses de M. Dumas sur la masse de l'école polytechnique, conduisent à des résultats analogues ; on a les rapports de l'oxygène de la silice à celui des bases :

Pour la portion cristallisée $=36.14:2.28:7.11=18:1:3$
Pour la portion transparente $=33.64:1.63:8.49=15:1:5$

d'où l'on déduit les formules :

Pour la portion cristallisée $=6SiO_3,M_2O_3+9(SiO_3,MO)$
Pour la portion transparente $=3SiO_3,M_2O_3+15(SiO_3,MO)$

Formules qui indiquent suffisamment que ces deux portions sont des composés chimiques à proportions différentes.

Un autre chimiste, M. D. E. Splitgerber qui s'est beaucoup occupé de dévitrification, a publié, sur ce sujet, une note qui a été insérée dans le tome III du *Technologiste*, pag. 569, et dont voici un extrait :

« J'ai eu l'occasion, dit ce chimiste, de faire plusieurs expériences et quelques essais sur ce sujet qui semblent confirmer une opinion de M. Fournet, qui a distingué une dévitrification non cristalline et une autre cristalline, qui toutes deux sont le résultat de l'élimination de nouveaux composés différents dont la formation dépend du degré variable de la température et de sa durée.

» Le verre qui renferme beaucoup d'alumine et de chaux, tel par exemple que le verre vert ordinaire, est le plus disposé à la dévitrification et à prendre facilement une structure cristalline ou rayonnée. Je me suis toutefois servi ordinairement de verre plus pur, que j'ai introduit dans du sable dans un creuset et soumis à un feu soutenu. Néanmoins je n'ai pas pu obtenir ainsi de résultats bien nets, et j'ai remarqué seulement qu'autour du verre de soude adhérait une croûte de sable bien plus épaisse que sur le verre de potasse qu'on traitait avec lui, à cause de la plus grande fluidité du premier au même degré de température. J'ai mieux réussi en exposant un morceau de verre dans un vase en terre, souvent plusieurs fois de suite, pendant huit heures consécutives à une température qui s'élevait à peine au rouge blanc, et en le laissant chaque fois refroidir dans le four. Le verre dont je me suis servi était du verre à miroir, dont la composition, d'après l'analyse, était :

Silice.	61.30
Potasse..	24.52
Chaux.	11.63
Oxyde de plomb.	1.20
Alumine.	1.35

» Lors du premier feu, on ne remarqua aucun changement, le verre prit seulement la forme du vase qui le contenait et qu'on avait frotté de craie, laquelle, en dégageant son acide carbonique, y avait produit quelques bulles, ce qui démontre que celles-ci ne sont chassées que lorsque le verre est déjà dans un grand état de fluidité. Au second feu, on remarqua déjà une légère dévitrification sur tout le pourtour du morceau de verre, dévitrification qui a augmenté à

chaque renouvellement de l'application de la chaleur, et a donné enfin une masse complètement opaque. Toutefois on n'y remarque pas encore de structure cristalline (l'appareil même de polarisation n'en présente pas d'indice), mais une opacité qui augmente de l'extérieur à l'intérieur, jusqu'à ce qu'enfin le verre soit transformé en une masse semblable à de la porcelaine, dans laquelle on observe distinctement, à partir du dehors, un accroissement de dévitrification par couches, qui va en diminuant quand on avance à l'intérieur, de même que la cassure unie à la surface est finement esquilleuse à l'intérieur, c'est-à-dire que la cassure conchoïde du verre a disparu avec sa transparence, de même que son état vitreux s'est transformé en un éclat terne et semblable à celui de la cire.

» Dans ces expériences, ainsi que dans toutes celles relatives à la dévitrification, il n'est guère possible d'éviter, quelque faible qu'il soit, un changement dans la composition chimique, dû à la volatilisation d'une petite quantité de l'alcali contenu dans le verre.

» C'est ainsi qu'un morceau de verre déposé dans un creuset taré de platine du poids de 1,236 gram., après trois feux à une forte chaleur rouge de huit heures chacun, a perdu 0gr.005, et par conséquent seulement 0,404 pour 100 pour éprouver le changement indiqué ci-dessus. La croûte, dévitrifiée complètement, était mince, mais la masse était opaque dans toute son étendue et la cassure conchoïde avait disparu. Dans cette dévitrification non cristalline, il s'est trouvé que le poids spécifique du verre de potasse translucide qui était 2,571, a diminué, et, d'après une moyenne de douze pesées, est descendu à 2,562. La transformation de la composition première du verre en une autre combinaison non translucide est, sans aucun doute, la cause de ce remarquable changement physique, et quoiqu'il soit possible que cette réduction soit accompagnée de la légère perte d'alcali, ci-dessus indiquée, puisqu'elle marche du dehors en dedans (1), la cause directe de cette opacité ne réside certainement pas dans une trop faible proportion d'alcali, puisqu'on peut fabriquer du verre translucide renfermant une quantité très-minime d'alcali, et, en outre, que la masse dévitrifiée, peut, sans nouvelle addition, être refondue pour faire de bon verre. Cette

(1) La même chose arrive promptement avec le sucre fondu, et très-lentement avec l'arsenic blanc nitreux à la même température sans qu'il y ait de changement chimique, mais seulement un changement dans l'état d'aggrégation moléculaire, ou, comme le prétend M. Graham, par une perte de la chaleur combinée chimiquement.

cause il faut la chercher bien plutôt, comme on l'a dit, dans la disposition des atomes à former, au sein de la masse ramollie, une autre combinaison non translucide, mais qui n'est pas toujours cristallisée parce que le prompt refroidissement du verre s'y oppose.

» D'un autre côté, on a obtenu un verre de soude dévitrifié d'une manière remarquable en mettant un mélange de

Silice.	100 parties.
Soude pure effleurie.	50 —
Chaux broyée.	25 —

dans un petit creuset dans un four de verre à vitres, mélange qui, après avoir été fondu en un verre de bonne qualité, a été mis, lorsque la période de fusion eut été terminée, à refroidir très-lentement dans le four même, de façon que ce four ouvert après deux mois était encore assez chaud à l'intérieur pour ne pouvoir pas le toucher avec la main. Dans ce creuset dont le contenu, par l'inégal retrait de l'argile et du verre, s'était rompu en un grand nombre de morceaux, il s'était formé sur le bon verre une croûte opaque, inégale, épaisse, de 6 à 7 millim. (3 lignes environ) qui présentait une cassure en partie unie, en partie esquilleuse, ayant l'éclat terne de la cire, qui, au premier aspect, n'offrait aucune cristallisation, non translucide, et à partir de la face supérieure jusqu'à la moitié de son épaisseur entièrement porcelainée : un peu plus translucide en dessous, blanche, et où il était difficile d'établir la limite entre les deux couches qui se pénétraient réciproquement comme des nuages, et où la couche inférieure, qui avait la forme d'un rognon, se trouvait suspendue à l'intérieur du verre parfaitement translucide, mais s'en distinguant nettement et pouvant en être aisément séparée mécaniquement. La différence entre ces deux couches sans transparence ne consistait qu'en ce que dans la première on y remarquait à la loupe, mais avec difficulté, un amas de très-petits cristaux, qui disparaissaient presque complètement dans la masse faiblement translucide. Il y a donc ici en même temps une dévitrification non cristalline et une autre qui est cristalline, et dans lesquelles les petits cristaux n'ont dû se former que plus tard dans la masse non transparente pour ne la remplir qu'en partie. Le poids spécifique du verre a été trouvé à 13° R. de 2,485, et celui de la croûte 2,503, c'est-à-dire que cette dernière est un peu plus pesante, fait qui s'est montré parfaitement constant dans toutes les pesées et semble indiquer la cristallisation qui a eu lieu à l'intérieur, puisque l'expérience fait voir que la même masse à l'état amorphe est plus légère

qu'à l'état cristallisé, quoique cette cristallisation ne se soit pas ici développée complètement, tandis, d'un autre côté, qu'on a remarqué ci-dessus que le verre de potasse dévitrifié et ne présentant encore aucune trace de cristallisation était devenu spécifiquement un peu plus léger.

» Malgré la différence physique remarquable de ce verre et de la croûte qui le recouvrait sous le rapport de la translucidité, de la couleur et de la cassure, les analyses répétées à plusieurs reprises qui en ont été faites ne présentent point entre elles de différences bien sensibles, et celles d'une seule et même masse présentent souvent d'aussi grandes divergences. La seule différence chimique qu'on puisse saisir ne réside souvent que dans la proportion de la soude, du moins à la surface où une plus grande quantité paraît s'être volatilisée. Ce verre qui, d'après la composition donnée ci-dessus, aurait dû contenir

Silice.	100.00
Soude.	29.29
Chaux.	14.07

a donné par l'analyse de la portion translucide

Silice.	100.00
Soude.	17.40
Chaux.	12.65
Alumine.	1.99

c'est-à-dire que sur 100 parties de soude employée, 40 parties se sont volatilisées. Il en a été de même avec la croûte dévitrifiée qui a donné à l'analyse

Silice.	100.00
Soude.	17.12
Chaux.	12.21
Alumine.	1.77

ou sur 100 de silice, 0,28 de soude en moins que celle qui se trouvait dans le verre.

» Pour établir cette comparaison, j'avais en même temps, et à côté de ce creuset de verre de soude, placé un autre creuset de verre de potasse composé avec

Silice.	100 parties.
Potasse.	60 —
Chaux délitée.	35 —

» J'avais soumis au même refroidissement lent, et cependant ce verre est resté parfaitement sain et translucide sans la moindre trace de dévitrification.

Une autre fois un verre consistant en

Silice.	100
Soude pure effleurie.	50
Chaux délitée.	12.5

a été fondu et refroidi dans un petit four. Ce refroidissement a été opéré au bout de dix jours, et on a trouvé sur le bon verre des granulations arrondies, opaques, blanches, apparaissant en partie à la surface comme des gouttelettes, en partie dans la masse du verre, quelques-unes en petit nombre se trouvant sur le fond du creuset, de manière qu'on peut supposer qu'elles se sont formées à la surface, puisqu'elles auront coulé à fond. La plupart de ces granulations, grosses d'environ 2 millim. (1 ligne), s'étaient disposées d'une manière différente de celle de la masse vitreuse et rangées par une sorte de déplacement suivant un cercle, ou, quand la chose n'avait pas eu lieu, elles présentaient dans l'appareil et dans le voisinage de ces corps opaques, les phénomènes d'une polarisation régulière, consistant en une croix noire ou un anneau blanc et noir indiquant une tension dans le verre. Néanmoins on ne remarquait aucune structure cristalline dans ces granulations, qui paraissaient porcelainées à l'intérieur, et à peine apercevait-on à quelques-unes de ces gouttes une structure rayonnée. On peut supposer que la croûte décrite ci-dessus consistait en un amas considérable de ces granulations qui avaient eu le temps de se former par un refroidissement lent aussi bien que les petits cristaux qu'elles renfermaient.

» Pour obtenir une nouvelle dévitrification où l'on remarquât nettement une cristallisation, on a commencé par faire fondre le verre, et lorsque la fusion a été complète, on a cessé pendant cinq à six heures d'attiser le feu, ce qui a fait descendre sensiblement la température du four et déterminé dans plusieurs compositions de verre la formation de beaux cristaux en aiguilles qui ressemblaient à des flocons de neige, et disparaissaient et se dissolvaient aussitôt qu'on rétablissait le feu. Parfois la masse entière est devenue blanche, opaque, pâteuse, et a repris, par une élévation de température, sa transparence et sa fluidité.

» Je n'ai obtenu ces phénomènes qu'avec des verres renfermant de la chaux, comme par exemple, avec les compositions suivantes :

Silice.	100	parties.
Soude.	40	—
Carbonate de chaux.	10	—

Silice.	100	—
Soude..	45	—
Carbonate de chaux.	15	—

tandis qu'un verre composé avec 100 de silice, 45 de soude et 10 de chaux ne s'est pas troublé par un abaissement de la température.

» Le verre fabriqué avec la potasse supporte sous ce rapport une bien plus grande proportion de chaux, car du verre composé avec 100 parties de silice, 50 de potasse et 50 de carbonate de chaux ne se trouble pas, il faut pour cela 60 parties de chaux; de même un verre avec 100 parties de silice, 60 de potasse et 50 de chaux s'est troublé par le refroidissement, mais non pas une composition de 100 parties de silice, 60 de potasse et 60 de carbonate calcaire. Dans toutes ces expériences, on conçoit que tout dépend du degré auquel on a poussé le refroidissement, et qu'il serait utile de donner suite à ces essais.

» C'est ici le lieu de faire connaître encore quelques observations faites sur la fusion, afin de montrer que la perte en alcali par vaporisation dépend de plusieurs circonstances concomitantes, savoir la composition de la masse, le degré de chaleur et la durée de l'application de celle-ci.

» Une fonte de 100 parties de silice et 50 de soude pure effleurie (29,29 soude) a donné un verre assez translucide, mais qui à l'air s'est légèrement terni, et dont le poids spécifique a été à 14° R. de 2,386. L'analyse a indiqué sur 100 parties de silice 25,5 de soude, et par conséquent il s'était vaporisé environ 15 pour 100 de soude.

» Comme objet de comparaison, j'ai examiné un verre composé avec 100 de silice et 50 de potasse pure (34,04 potasse), mais qui s'est trouvé infiniment plus mauvais que le verre de soude précédent, attirait fortement l'humidité de l'air, et a été avec le temps complètement privé de transparence et s'est effleuri; il avait un poids spécifique de 2,372, se dissolvait aisément dans l'acide fluorique étendu, et consistait en 100 silice et 30,22 potasse, et par conséquent avait perdu 11,2 pour 100 de potasse par volatilisation.

» Le degré de chaleur dans ces deux fontes ayant été le même, on voit que la soude est plus volatile que la potasse.

» Un verre de 100 parties de silice, 45,5 de soude effleurie (26,6 de soude) et 12, 72 de carbonate de chaux délité (7,06 chaux), après avoir été fondu, a donné à l'analyse :

Silice.. 100

Soude.	20.2
Chaux.	6.6

c'est-à-dire qu'il y a eu 24 pour 100 de soude volatilisée, perte évidemment occasionée par l'addition de la chaux qui, à cause de sa plus grande fixité au feu, a déplacé l'alcali.

» Les analyses précédentes du verre peuvent être rapprochées de celles des verres dévitrifiés à la surface par un refroidissement lent et par une chaleur soutenue, verres où il entrait le double de chaux et où la perte de soude a été au-delà de 40 pour 100.

» Ces expériences permettent de tirer quelques conséquences utiles sous le rapport technique sur la marche à suivre dans la fusion du verre et montrent comment on peut établir des rapports variables dans la composition des fontes. »

PREMIÈRE SECTION.

FABRICATION DU VERRE.

La fabrication du verre se divise en trois opérations : la *fritte*, la *fusion* et le *recuit*. Nous allons les examiner successivement.

DE LA FRITTE.

Il existe plusieurs causes qui rendent l'opération de *la fritte* indispensable. Nous allons énumérer les principales :

1° Cette opération peut être considérée comme une calcination propre à dissiper l'humidité des constituants du verre;

2° Comme propre à brûler les substances combustibles qui pourraient s'y trouver ;

3° Pour opérer un commencement de dégagement des gaz qui, sans cela, communiqueraient un trop grand boursoufflement de la matière dans les creusets de fonte ; ces gaz sont :

De l'acide carbonique, provenant de sous-carbonates de chaux et de potasse ;

De l'oxygène et du deutoxyde d'azote, provenant de la décomposition de l'acide nitrique du sel de nitre ;

De l'oxygène du minium qui passe à l'état de protoxyde, et du peroxyde de manganèse qui se convertit en deutoxyde.

4° Mais la fritte a encore un but bien plus essentiel ; il est reconnu que, lorsqu'on fait un mélange de potasse ou de soude avec de la silice, et qu'on lui fait subir un coup de feu suffisant, l'alcali fond d'abord, et le sable, ou silice, étant plus pesant, tombe en grande partie dans le fond du creuset, tandis que, par l'action du calorique, une partie de

l'alcali se dégage ; il en résulte qu'en employant même une quantité d'alcali surabondante pour la vitrification, il n'en reste pas assez pour vitrifier complètement la silice. Dans ce cas, il s'en trouve qui est comme interposée dans le verre, encore même faut-il le *brasser ;* outre cela, il offre des nœuds et des teintes désagréables ; d'ailleurs l'alcali, se trouvant libre, exerce son action destructive sur les creusets qui ne tardent pas à être hors d'usage.

5° Par la fritte, ces matières éprouvent un commencement de fusion qui leur fait contracter une adhérence nécessaire ; j'ajoute à cela que, comme les nouveaux creusets où l'on doit introduire les matières, sont portés à une température très-élevée, la projection des matières froides ne manquerait pas d'en produire la cassure, tandis qu'en y mettant la fritte au rouge cerise, on n'a pas cet inconvénient à craindre ; d'ailleurs cela retarde moins le travail d'une fournée à l'autre. Le frittage s'opère suivant les qualités de verre qu'on veut préparer. Voici les principaux :

Bouteilles à vin et *verre à vitres commun*. Le frittage des constituants de ces verres s'opère dans des fourneaux nommés *arches cendrières*, lesquels sont une dépendance du fourneau de fusion avec lequel ils communiquent par les *lunettes*. C'est par ces *lunettes* que la flamme, en sortant du four, se rend dans ces arches pour chauffer les matières vitreuses qui doivent y rester pendant tout un travail et parfois de deux opérations.

Verre demi-blanc. Les fabricants, qui fabriquent ce verre avec des soudes brutes, commencent par les concasser, et les réduire en morceaux d'environ 1/2 kilog., qu'ils introduisent dans des *arches à fritter*, *à calciner*, *de recuisson*, qui sont placées à la partie latérale du fourneau de fusion à côté des ouvreaux ; on y pratique une *lunette* par laquelle la flamme du four passe pour s'y rendre. Cette soude éprouve dans les arches une combustion qui la débarrasse des parties charbonneuses qui s'y incinèrent ; une partie de l'acide carbonique se dégage, et la soude se réduit plus aisément en poudre sous la meule.

Verre à vitres blanc. On fritte le sable et la soude soit dans un fond particulier, soit dans l'arche du fourneau de fusion.

Voici la manière d'opérer le frittage : Après avoir bien mêlé la silice, les oxydes et l'alcali en poudre, on étend ce mélange sur le sol du *fourneau à fritter*, et l'on a soin de le remuer souvent avec le *ringard* (1), afin que la matière

(1) C'est un outil en fer, dont la partie destinée à remuer la matière est terminée en angle droit de 54 millim. de largeur, sur 28 cent. de longueur.

offre plus de surface à la flamme, et pour éviter en même temps qu'elle se prenne en masse. C'est de cette manière qu'on doit également fritter les mélanges pour les verres blancs et cristaux, et pour les glaces à miroir. Il n'est pas indifférent de faire connaître le degré de chaleur qu'on doit donner au frittage. Au commencement, elle doit être douce, afin de se borner à l'évaporation de l'humidité du sable; on l'augmente ensuite pour opérer le dégagement d'une partie de l'acide carbonique et de l'oxygène; enfin, on la porte au point de brûler les substances combustibles et d'opérer une légère fusion des matières, en ayant soin de les remuer fortement avec le ringard, afin que la fritte ne se prenne pas en masse ou en gros morceaux, sur lesquels non-seulement la flamme n'a pas autant d'action, mais qui peuvent souvent casser les creusets à fusion quand on les y projette; en les agitant constamment, on obtient une fritte pulvérulente qui n'a point ce grave inconvénient. Nous devons faire observer que, dans les fabriques de cristaux où l'on chauffe avec du charbon, l'on doit avoir un fourneau particulier alimenté avec le bois, parce que la fumée de charbon, qui se dégage avec la flamme, contient des substances étrangères, qui nuiraient beaucoup à la beauté du verre; mais dans les verreries chauffées au moyen du bois, on peut fritter dans les arches.

Il n'est pas indifférent de dire qu'on doit ajouter au mélange, avant de le fritter, les oxydes de manganèse et de cobalt; tandis que les oxydes d'argent, d'or, d'arsenic, d'antimoine, de cuivre, de chrome, etc., se mêlent avec la fritte, quand on la met dans les pots à fusion; en voici les raisons :

1° Les oxydes d'or et d'argent pourraient se réduire pendant le frittage;

2° Ceux de chrome, de cuivre et de fer pourraient éprouver un changement d'oxydation qui produirait d'autres nuances;

3° Ceux d'antimoine et d'arsenic, en raison de leur volatilité, seraient presque complètement dégagés.

Nous terminerons cet article en disant qu'une bonne fritte conduit à une belle vitrification.

FUSION DU VERRE.

Lorsque la fritte est terminée et que les creusets de fusion sont bien consolidés sur leurs sièges et bien incandescents, on prend la fritte, rouge cerise de chaleur, avec une pelle de fer appropriée à cet usage, et on l'introduit, par les ouvreaux, dans les pots, jusqu'au tiers de leur contenance;

on replace alors les tuiles aux ouvreaux, et l'on augmente le feu, afin d'en opérer le plus promptement possible la fusion. Nous ajoutons à cela que la flamme doit être bien active lorsqu'on projette la matière dans les pots, sinon il existe alors beaucoup plus de fumée, laquelle, jointe aux substances combustibles qui peuvent n'avoir pas été complètement incinérées par la fritte, donne au verre une teinte plus ou moins grise et quelquefois noirâtre, qu'on ne détruit que par l'addition du nitrate de potasse. M. Bastenaire attribue cette décoloration à l'effervescence accompagnée de bouillonnement que ce sel produit dans la masse vitreuse, due au dégagement de l'acide nitrique, qui facilite en même temps celui des parties colorantes. Nous sommes loin de partager cette opinion. Nous savons que le nitrate de potasse (sel de nitre) étant exposé à une haute température, son acide se décompose et donne lieu à un dégagement d'oxygène et de deutoxyde d'azote; ce sont ces gaz qui produisent le bouillonnement, et le premier, comme unique agent de la combustion, se porte en partie sur les matières colorantes, et les détruit en les brûlant.

Lorsque ce verre est complètement affiné, ce que l'on reconnaît quand il est bien net, transparent, sans bulles, et dans un état de fonte tranquille, on y ajoute de nouvelle fritte, toujours dans un état de chaleur rouge, afin d'avoir un verre plus homogène, et de ne pas casser les creusets, par une diminution subite de température (1). Nous ajoutons qu'il vaut mieux multiplier les *fontes*, en mettant peu de matière à la fois, afin que la fusion soit plus prompte ainsi que l'affinage, et que le verre en soit plus beau ; tandis que si l'on en met trop à la fois, la fonte est plus longue à obtenir, et l'affinage bien plus difficile ; il vaut donc mieux introduire la fritte en cinq fois dans les creusets qu'en une seule. Il y a encore une autre observation à faire, c'est de ne pas mettre plus de matière vitrescible dans un creuset que dans l'autre, afin qu'il n'y ait aucune différence dans la fusion, ce qui aurait lieu, dans un même temps donné, si l'on mettait plus de matière dans l'un que dans l'autre. Il faut aussi, pour qu'il n'y ait aucune différence dans la fusion de tous les creusets, qu'il leur soit communiqué une chaleur égale, ce qui exige un *tiseur* intelligent pour la conduite du feu, car cette inégalité de chaleur, dans le fourneau, serait cause que lorsqu'on voudrait fabriquer une pièce d'œuvre avec du verre

(1) L'on peut s'assurer aussi du degré d'affinage en prenant du verre fondu avec la *cordeline*, et l'examinant lorsqu'il est refroidi.

tiré dans deux pots, qui seraient exposés à des températures différentes, les pièces pourraient avoir un aspect disparate qui, dans les *appareillages*, les feraient aller difficilement ensemble. Au reste, l'on doit faire en sorte de fabriquer le moins possible de pièces avec des verres différents, parce qu'ordinairement ils se soudent mal, et que l'ouvrage est alors très-fragile, surtout quand on soude du verre ordinaire avec des verres métalliques. La durée de chaque fonte est en raison directe de la quantité de matière que l'on introduit chaque fois dans le creuset (1). Une fois que toute la matière y est introduite, et que l'on a reconnu soit à l'aspect, soit par le moyen de larmes tirées par la cordeline, que le verre est *fin* ou bien *affiné*, on diminue la température du four en mettant moins de combustible, ou même en cessant d'en mettre, suivant que le verre est destiné au *soufflage* ou au *coulage ;* le verre prend alors plus de consistance ; mais afin qu'il n'en prenne pas trop tant que le soufflage dure, et pour que cette consistance soit égale pendant tout le temps de sa durée, qui est de cinq à vingt heures et même au-delà, suivant la quantité de matière et la nature des ouvrages qu'on fabrique, il faut entretenir la température du four au même degré, quoique au-dessous de celui de la fusion et de l'affinage. Lorsqu'on emploie des soudes et potasses qui contiennent des sels et autres substances non vitrescibles, elles paraissent à la surface du verre d'où on les enlève avec une sorte d'écumoire : c'est ce qu'on appelle *fiel de verre.*

Dans les verreries, il existe deux méthodes de conduire les fontes, l'affinage et le travail du verre.

Par la première, chacune de ces trois opérations s'opère en même temps dans tous les pots ; elle exige un feu actif ; c'est ainsi qu'on fait les bouteilles, et le verre à vitres ordinaire et demi-blanc.

Par la seconde, on affine dans une partie des pots, pendant qu'on travaille le verre dans d'autres. Dans ces dernières verreries, le degré de température des fourneaux n'est pas aussi élevé que dans les premières. Les pots sont plus petits que les autres, et le plus souvent au nombre de huit.

Si la fabrication, dit M. Loysel, est un verre à fondants purement alcalins, comme pour les compositions de sable, de chaux et d'alcali, il faut employer plus de fondant pour opérer la vitrification, et il en reste une plus grande quantité dans la composition du verre qui, par là, est tendre et sujet

(1) L'intervalle que l'on observe entre l'introduction de nouvelle quantité de fritte se nomme *intervalle de fonte.*

à se décomposer. Cette méthode, ajoute-t-il, doit être restreinte à quelques fabriques particulières dont les compositions sont fortement chargées de rognures de verre, de laves, de basalte, etc., ou encore dans quelques verreries à cristaux dont les compositions contiennent des oxydes métalliques. Dans ce dernier cas, la dépuration du verre est lente et à un degré de feu seulement suffisant pour ramener successivement les diverses parties du verre à la surface en contact avec l'air, ce qui lui procure plus de blancheur. On profite quelquefois de cet intervalle pour le travail du verre d'une partie des pots, tandis que la dépuration se fait dans d'autres.

Lorsque nous parlerons de chaque verre en particulier, nous ferons connaître les variations qu'on est obligé de faire éprouver au mode de fabrication.

RECUIT DU VERRE.

Quelles que soient la beauté et la bonne fabrication du verre, une troisième opération est indispensable pour lui donner les qualités requises : c'est le recuit. En effet, le verre se dilatant par l'action de la chaleur, et prenant du retrait par le refroidissement, il en résulte que si ce refroidissement n'est pas gradué ou se fait subitement, ce retrait se fait aussitôt sans permettre aux molécules de prendre l'arrangement qui leur est propre; de là vient que leur cohésion se trouvant moindre, le verre devient alors très-fragile. Si l'on fait refroidir à l'air des verres de 8 à 10 millim. (3 à 4 lignes) d'épaisseur, ils se brisent souvent d'eux-mêmes en changeant de température, et sautent en éclats lorsqu'on veut les tailler au diamant, ou les user à la meule. C'est donc ce défaut d'arrangement et cet écartement de molécules, produits par un refroidissement trop subit, qui rendent le verre imparfait. Les silex nous en fournissent d'autres exemples : l'on sait que lorsqu'on veut les réduire en poudre on les fait rougir et on les jette ensuite dans l'eau; dans ce cas, le calorique écarte leurs molécules, et le refroidissement subit qu'ils éprouvent dans l'eau les conserve dans cet état d'écartement et diminue prodigieusement la cohésion. Le retrait du verre se fait d'abord par ses deux surfaces, d'où il résulte que celui du centre n'est pas aussi fort : les larmes bataviques nous en offrent un exemple. Si le refroidissement du verre s'opère par gradation, le retrait est uniforme et lent, les molécules prennent l'arrangement qui leur est propre, et le verre est plus dur, plus pesant, bien moins fragile, et susceptible d'être usé et taillé. Cette opération du recuit du verre

exige des soins et des précautions continuels, sans lesquels on courrait risque de ne pas réussir. Nous allons les indiquer.

On doit d'abord avoir des fours de recuisson qui doivent être chauffés au point de ne point ramollir les pièces, ce qui ne manquerait pas de les déformer; ils ne doivent point non plus avoir un degré de température trop bas, parce que, le refroidissement n'étant pas assez ménagé, les verres seraient fragiles. D'un autre côté, les pièces de verre ne doivent être mises à la recuisson que lorsqu'elles ont acquis assez de dureté pour ne pas se ramollir et se déformer en les détachant de la canne, et les plaçant dans le four ; on attend qu'elles soient d'un rouge obscur.

On suit dans les verreries les deux modes de recuisson suivants :

Le premier consiste à introduire dans l'arche du fourneau de fusion ou dans un four particulier, les diverses pièces. Dès que tous les produits de la fonte y ont été placés, on bouche soigneusement toutes les ouvertures, on ne met plus de combustible, et on laisse refroidir le fourneau graduellement et complètement.

Le second se fait au moyen des petits étuis en tôle épaisse, de 32 à 36 centim. (12 à 13 pouces) de longueur sur 24 centim. (9 pouces) de largeur, qui sont enchaînés ensemble par leur côté le plus étroit, et disposés circulairement dans un long fourneau, qui est ordinairement une dépendance ou bien est contigu au four de fusion qui l'alimente et dont la température va en décroissant jusqu'à l'ouverture destinée à sortir les pièces soufflées, dont la chaleur diffère peu de celle de l'atmosphère, en été. Ce refroidissement permet de les prendre avec les mains et de les transporter ainsi au magasin. On tire ces étuis vers l'ouverture au moyen d'une poulie à manivelle, on en tire alors les pièces de verre, et l'on rattache l'étui à la queue de ceux qu'on remplit. Il est aisé de voir que les étuis ou coffres circulent ainsi autour du fourneau, tantôt pleins et tantôt vides.

L'expérience a démontré que le *recuit* n'est pas uniforme pour toutes les espèces de verre, et que ceux dans la composition desquels entre le minium (les cristaux) sont les plus faciles et les plus prompts à recuire. Après cela viennent ceux dans lesquels entre la chaux. Il est en effet démontré que cet oxyde terreux rend les verres moins friables, même quand ils sont mal recuits, et leur donne la propriété de supporter, sans se casser, le passage du chaud au froid, et *vice versâ*. C'est pour cette raison, et à cause de sa propriété fondante,

que la chaux entre dans un grand nombre de compositions vitreuses. Enfin les verres uniquement composés de silice et de potasse ou de soude sont plus longs et plus difficiles à recuire.

Le recuit varie aussi suivant quelques qualités de verre, comme ceux pour la bouteille, pour les glaces, etc. Nous aurons soin de les faire connaître lorsque nous en traiterons. Nous allons auparavant énumérer les principaux défauts qui peuvent exister dans le verre.

IMPERFECTIONS QUI PEUVENT EXISTER DANS LE VERRE.

Si l'on n'apporte pas tous les soins nécessaires dans la confection du verre, il arrive que les ouvrages qui en sont le produit sont sujets à diverses imperfections, dont les plus ordinaires sont :

Les *bulles* ou *bouillons*.	Les *larmes*.
Les *cordes*.	Les *nœuds*.
Les *fils*.	Les *stries*.

Des Bulles ou Bouillons.

Les bulles ou bouillons sont l'imperfection la plus ordinaire du verre; elles proviennent du mauvais affinage, ou, si l'on veut de ce que le verre n'a pas été porté à un état de fusion bien complète et assez soutenue. Dans ce cas, tous les gaz n'ont pas été complètement dégagés, et c'est leur interposition entre les molécules vitreuses qui produit les bulles ou bouillons; ainsi, moins la fonte aura été parfaite, plus il y aura de bulles dans le verre. Ce défaut peut également reconnaître pour cause une trop faible proportion de fondant dans le mélange vitreux; dans ce cas, le coup de feu n'a pas été assez fort pour en opérer une belle fusion et en dissiper les gaz complètement. Il arrive aussi qu'il peut se former des bulles pendant le travail, par suite de la chute de quelques corps étrangers dans le verre, avant ou pendant le soufflage; les gaz ou le corps étranger qui en sont le produit se nomment un *entre-deux*.

On peut remédier à ces défauts en employant la quantité de fondant nécessaire, en donnant à la fonte le degré de chaleur propre à la rendre bien liquide et à la soutenir suffisamment en cet état; enfin en prenant le plus grand soin de ne pas introduire avec la canne, ni avec un autre outil, des corps étrangers dans le verre, et lorsque cela arrive, à les retirer avec une pince

Relativement à l'usage de ces verres à bulles, il est re-

connu que celui qui manque de quantité suffisante de fondant, quoique le feu ait été assez vif, n'a pas la même beauté ni la même valeur; il peut cependant être employé à contenir presque tous les liquides , même les acides dits minéraux, tandis que celui qui, avec les proportions requises de fondant, n'a pas éprouvé une liquéfaction ou une température suffisante, celui-là, dis-je, est toujours de mauvaise qualité, tout l'alcali n'est pas vitrifié ou mieux saturé par la silice, ce qui produit un sous-silicate alcalin qui attire l'humidité de l'air, se détériore au bout de quelque temps, et est attaqué par les acides.

Des Cordes.

On donne ce nom à des aspérités qu'on trouve sur le verre soufflé, et qui sont dues à la chute des filets du verre de la canne, qui, se trouvant refroidis en tombant, ne se fondent pas dans la matière vitreuse si la température de celle-ci n'est pas suffisante ; dès qu'on s'en aperçoit , on y remédie en chauffant le four de manière à ce que ces filets se fondent et tombent dans le verre.

Des Fils.

Les fils sont à proprement parler des filets provenant de la vitrification de l'argile qui se détache de la voûte du fourneau. La couleur de ces filets diffère de celle du verre, elle est beaucoup plus verte que celle des stries. Le verre qui contient ces filets, outre son aspect désagréable, est aussi beaucoup plus fragile. Cela tient à ce que le verre argileux qui le produit éprouve, par l'action du calorique, une dilatation, et, par le refroidissement, un retrait différent du verre siliceux ; or, ce retrait n'étant pas uniforme dans ces deux verres, il en résulte que lorsqu'on expose ces verres parsemés de *fils* un peu gros à des changements de température, ils se brisent. On remédie à cet inconvénient en n'employant à la construction des fours que des briques et des argiles très-réfractaires.

Des Larmes.

Les larmes sont la plus grande imperfection du verre ; elles sont dues à la volatilisation des parties alcalines qui, se vitrifiant avec l'argile de la voûte du fourneau, retombent ensuite dans les pots. Les ouvrages qui offrent des larmes doivent être rejetés, et mis au *calcin*, parce qu'ils sont très-fragiles, et qu'ils se brisent d'eux-mêmes par les alternatives du chaud et du froid : la construction des fours en briques bien réfractaires remédie en partie à cet inconvénient. Voyez ce que nous en avons dit à l'article *Fourneaux*.

Kirn a prétendu qu'on pouvait prévenir la chute des larmes dans les creusets ou dans les pots, en construisant ceux-ci, ainsi que les ouvreaux, de la manière représentée dans la figure 150.

Le segment du mur du four *a*, *b*, *c*, *d*, qui comprend l'ouvreau, est assez grand pour que les larmes tombant perpendiculairement du larmier *h* et dans la direction de *h*, *g*, ne puissent atteindre que le bord rentré du pot *q*. Une seconde voûte moins épaisse *i*, *k*, *m*, réduit la dimension de l'ouvreau à ce qu'elle doit être.

On peut aussi percer l'ouvreau dans le mur perpendiculaire du four et disposer la voûte au-dessus pour que l'auge de la partie qui surmonte le pot, suffise pour que les larmes coulent le long de la paroi du mur sans retomber dans le pot.

La forme adoptée aujourd'hui pour les pots, rend, du reste, cet inconvénient bien moins fréquent qu'auparavant, où on travaillait à pot découvert

Des Nœuds.

On connaît trois espèces de nœuds :

1° Ceux qui sont formés par des grains de sable non vitrifiés ;

2° Ceux qui sont dus à des fragments de *sel* ou *fiel de verre ;*

3° Ceux qu'on nomme également *pierres*, et qui proviennent des morceaux du creuset et des fragments qui se détachent des parois du four.

Les nœuds dus aux deux premières causes sont blancs, les autres sont d'un gris plus ou moins foncé et parfois noirâtres.

On évite ces imperfections : 1° en tamisant bien le sable et le mélangeant soigneusement avec les autres matières ; 2° en *écrémant*, avec le plus grand soin, la surface du *bain*, ou bien en donnant un coup de feu assez fort et assez prolongé pour dissiper complètement ce fiel de verre ; 3° en évitant de rien laisser tomber dans les creusets, et en le retirant dès qu'on s'aperçoit qu'il y est tombé quelque chose.

Des Stries.

Il est rare de voir des ouvrages en verre d'une grande dimension qui soient exempts de cette sorte de nuages vitreux, qui semblent enchâssés dans le verre, qui ont la même couleur que lui, et que l'on nomme *stries*. Ces imperfections sont plus ou moins apparentes suivant que le mélange des matières a été mal ou bien fait, et que la température à la-

quelle il a été porté est plus ou moins élevée. Dans le premier cas, cette *hétérogénéité* du verre est due à ce que toutes les parties n'ont pas éprouvé une parfaite et égale liquéfaction, d'où il résulte que la silice, autre corps moins fusible, n'ayant point été complètement saturée par le fondant, trouble la transparence du verre au point où elle se trouve. Dans le second cas, si le mélange n'a pas été bien fait, il en résulte que les fondants entrent les premiers en fusion, se rendent au fond des creusets, tandis que la silice (et l'alumine s'il y en a) surnage et ne se vitrifie que très-difficilement, encore même assez mal. Voici l'explication que donne Loysel de ces imperfections : « Le verre, dit-il, provenant de la dissolution de la silice par l'alcali fixe, au degré de feu le plus ordinaire des verreries, a une pesanteur de 23 à 24 ; l'eau étant exprimée par 10. Le verre fait avec l'alcali et l'argile ordinaire des creusets pèse environ 25 ; celui de l'alcali et de la craie 27 à 28. L'oxyde de manganèse vitrifié seul pèse 32 à 33. Les verres provenant d'autres oxydes métalliques peuvent être encore plus pesants. Le verre fait avec l'oxyde de plomb, par exemple, pèse 72 à 73.

Lorsque ces diverses substances se trouvent à la fois attaquées les unes par les autres, et par l'alcali fixe, si elles n'ont pas subi un commencement de combinaison par la fritte, et qu'elles éprouvent un feu vif et soutenu, les plus fusibles se convertissent d'abord en verre ; et comme celui qui en résulte est plus pesant que le verre d'alcali et de silice, il tend à tomber au fond des creusets au-dessous des matières silico-alcalines. Il en résulte des filets ondés, semblables à ceux qu'on observe, quand on mêle deux liqueurs de densités différentes, telles que l'eau et l'alcool, avant que ces deux liqueurs soient dans un état de combinaison réciproque et uniforme dans toutes leurs parties. Le pouvoir réfringent de ces diverses espèces de verre sur la lumière, n'étant pas le même pour tous, ce défaut devient très-sensible à la vue.

Il se trouve dans chaque creuset des couches dont la densité croît de la surface au fond et même dans chaque couche ; le mélange du verre, provenant de l'argile du creuset, se faisant à la circonférence, le verre le moins hétérogène se trouve toujours au milieu de chaque couche. Dans l'opération du soufflage, le verre se cueille sensiblement vers le milieu. Dans le coulage, le creuset est subitement renversé ; voilà pourquoi le verre soufflé est beaucoup plus homogène que le verre coulé.

DES INSTRUMENTS ET DES DÉNOMINATIONS PRINCIPALES USITÉES DANS LES VERRERIES, EN FORME DE VOCABULAIRE.

Affinage. Séparation totale des corps étrangers au verre qui en troublent la transparence et en altèrent la qualité. L'affinage s'opère par un degré de température suffisant et soutenu pendant le temps convenable.

Aides. C'est l'ouvrier qui cueille les premières portions de verre avec la canne. On donne le nom de *sous-aides* ou mieux de *gamins* aux petits garçons qui nettoient les instruments, ainsi que l'atelier, placent les ouvrages de verre dans le four de recuite, etc.

Bain. C'est le verre en pleine fusion.

Braise (Faire la). C'est ainsi qu'on nomme le soin que prend l'ouvrier de diminuer parfois, ou d'intercepter, en grande partie, le passage de l'air à travers la grille en la couvrant avec le charbon qui est à l'entrée du foyer, et y en ajoutant d'autre qui bouche les diverses issues; au bout d'un quart-d'heure, il recommence cette opération; et il la continue jusqu'à ce que le milieu du fourneau, entre les deux sièges, contienne les deux cinquièmes de charbon en ignition.

Cachère. Trou du gros mur du fourneau de fusion qui sert à poser la bouteille sur son ventre, dès qu'on vient de la séparer de la *meule* qui tient à la *canne.*

Canne ou *felle.* C'est l'outil principal des verriers; c'est celui qui sert à souffler le verre. C'est une espèce de tube en fer, fig. 52, muni à l'extrémité supérieure d'un manche en bois, afin que l'ouvrier ne se brûle pas les mains, lorsqu'il est chaud. Il y a aussi une autre canne en fer non creuse, fig. 53, qui sert à attacher le verre après qu'il est soufflé et coupe de la première, et qu'il n'y a plus qu'à le perfectionner.

Cueillir le verre. C'est le prendre du creuset avec la canne.

Charrées. Résidu provenant du lessivage des soudes et des cendres.

Ciseaux. Ceux fig. 54 servent à couper le verre de la première canne, quand on le présente au vitrier, et ceux fig. 55 sont destinés à couper et rogner les glaces et les verres, à les ouvrir, etc.

Calcin.

Cordeline. Baguette en fer un peu aplatie à son extrémité inférieure, avec laquelle on cueille dans le creuset un peu de

verre pour faire le cordon du goulot des bouteilles. La cordeline est presque semblable à la canne.

Crochet. Morceau de fer recourbé, fixé dans le petit mur qui sépare les ouvreaux, et dans lequel le maître ouvrier place sa canne quand il réchauffe la bouteille dans le fourneau. Il y a encore un autre crochet, fig. 56, qui est en fer, à l'exception du manche qui est en bois; il sert à remuer les matières vitreuses dans les creusets.

Cueillère. Les cueillères sont en fer avec le manche en bois; la grande, fig. 57, sert à transvaser le verre fondu et affiné du grand creuset dans d'autres plus petits, lorsqu'on le désire, et celle fig. 58 sert à écrémer le verre.

Ecrémer. C'est enlever au verre tous les corps étrangers qui paraissent à la surface du bain.

Forces. C'est ainsi qu'on nomme également les ciseaux, fig. 55.

Fiel de verre. Matières hétérogènes formant une espèce de verre impur qui surnage le bain.

Fouet. C'est le nom qu'on donne à l'ouvrier qui arrange les bouteilles dans le four de recuisson.

Mabre. Plaque en fonte sur laquelle l'ouvrier fait la *paraison.*

Macler. Action de remuer la matière vitreuse dans les creusets, afin de la bien mêler

Maître-ouvrier. C'est celui qui souffle le verre, et lui donne les formes qu'on désire.

Moule. Instrument en cuivre dans lequel on donne la forme à la bouteille depuis le bas jusqu'au-dessus du ventre. Il y a aussi des moules pour les verres dits moulés.

Meule. Petite portion de verre qui adhère à la canne.

Molette. Outil en fer avec lequel on enfonce le cul de la bouteille pour le faire rentrer en dedans et décrire une cavité en dehors.

Paraison. Opération qui consiste à tourner et retourner le verre pâteux au bout de la canne sur le mabre.

Pelles. Il y en a de grandes et de petites, voyez fig. 59 et 60 ; elles ont des rebords propres à retenir les matières vitrescibles qu'on projette dans les creusets, etc. La plus petite, nommée aussi *pelle à marc*, sert à tirer la braise et les cendres du four.

Picadit. Verre qui tombe des creusets, et passe à travers la grille.

Poupoir. Plaque en fer posée à terre sur une de ses faces planes à côté du billot sur lequel est placé le mabre.

Râteau ou *Ringard*, fig. 61. Instrument en fer ayant le

manche en bois, et servant à remuer la fritte et la matière vitreuse des creusets.

Tesson. Synonyme de verre cassé ou morceaux de verre.

Valendrés. On donne ce nom aux verres à vitres *gauchis* ou non unis.

Après avoir tracé les préceptes à suivre pour la fabrication du verre en général, nous allons énumérer les diverses sortes de verre et les modifications qu'exige leur fabrication respective.

DES DIVERSES ESPÈCES DE VERRE,

ET DE LEUR FABRICATION.

Les Anglais ont divisé le verre en cinq espèces bien distinctes :

1° Le *bottle-glass*, ou verre à bouteilles, verre vert grossier ;

2° Le *broad-glass*, ou verre à vitres grossier ;

3° Le *crown-glass*, ou verre à vitres de première qualité ;

4° Le *flint-glass*, cristal ou verre de plomb ;

5° Le *plate-glass*, ou verre de glaces.

Nous allons les énumérer successivement.

Dans le tome deuxième, page 536 de son *Traité de Chimie appliquée aux arts*, M. Dumas a proposé de classer tous les verres considérés comme des silicates à bases variables dans les espèces suivantes :

1° *Verre soluble.* Silicate simple de potasse ou de soude, ou mélange de ces deux silicates;

2° *Verre de Bohême, crown-glass.* Silicate de potasse et de chaux ;

3° *Verre à vitres* ou *objets analogues.* Silicate de potasse ou de soude et de chaux ;

4° *Verre à bouteilles.* Silicate de potasse ou de soude et de chaux, d'alumine et de fer ;

5° *Cristal ordinaire.* Silicate de potasse et de plomb ;

6° *Flint-glass.* Silicate de potasse et de plomb, plus riche en plomb que le précédent ;

7° *Strass.* Silicate de potasse et de plomb, encore plus riche en plomb que le flint ;

8° *Email.* silicate et stannate ou antimoniate de potasse ou de soude et de plomb.

Tous ces verres peuvent être teints par des silicates colorés qu'on mélange dans leur masse pendant qu'ils sont fondus.

M. le docteur F. Knapp, dans son *Manuel de Chimie Technologique*, page 389, a modifié légèrement cette classification qui est fondée, comme on le voit, sur l'usage pratique des différents verres, mais qui s'accorde aussi, jusqu'à un certain point, avec leur composition chimique. Il distingue donc :

A, *verre creux* qui comprend tous les verres fabriqués sous la forme d'objets creux ou avec un vide à l'intérieur (1). On le subdivise suivant la pureté de la masse ou matière qui le compose, en :

a, *verre à bouteilles ordinaire* consistant en silice, potasse ou soude, chaux, alumine et oxyde de fer.

b, *le verre pour la droguerie* composé de silice, soude, chaux, un peu d'alumine et très-peu de protoxyde de fer.

c, *verre à bouteilles blanc* (dans un sens limité) pour les carafes, la gobeletterie, les tubes, contenant silice, soude ou potasse et chaux.

B, *verre à vitres* composé de silice, potasse ou soude, chaux et alumine.

C, *verre à glaces* composé de silice, soude ou potasse, chaux et un peu d'alumine. Cette variété ne diffère de la précédente que par sa plus grande pureté et l'absence de couleur.

D, *flint-glass* employé pour la taille, composé de silice, de potasse et d'oxyde de plomb.

E, *cristal* pour l'optique, composé de silice ou d'acide borique, de potasse et d'une plus grande quantité de plomb que la variété précédente.

F, *strass*, masse pour imiter les pierres précieuses, consistant en silice, potasse, avec une plus forte proportion encore d'oxyde de plomb, et colorée par divers oxydes métalliques. On peut comprendre aussi sous ce chef les couleurs employées dans la peinture sur verre et sur porcelaine, et qui sont des verres plus fusibles au plomb et à l'acide borique colorés comme on le désire.

G, *émail* composé de silice, soude, oxyde de plomb mais rendu opaque par l'oxyde d'étain ou celui d'antimoine.

Quelques-unes des variétés de ces verres sont colorées, tel par exemple que le verre à bouteilles, le verre d'un vert bleuâtre des droguistes et chimistes. Quant aux verres qui servent à l'optique et ceux pour les usages domestiques de première

(1) Dans son acception ordinaire, on ne comprend pas dans ce nom les verres plombifères qui servent au même usage ; de façon que verre creux ou à bouteilles et cristal sont des mots qui expriment des verres tout-à-fait différents.

qualité, ils doivent être parfaitement incolores, mais on peut leur donner artificiellement une coloration quelconque.

Du Verre à bouteilles commun (Bottle-Glass).

Le prix du verre à bouteilles n'est pas assez élevé pour qu'on puisse employer les alcalis à sa fabrication. Aussi l'on n'y destine que les sables jaunes et ferrugineux (1), les *charrées*, les cendres neuves, les soudes brutes, dites *salicor*, *soude*, *blanquettes*, *doucette*, etc., et l'argile ordinaire. On doit en séparer tous les corps étrangers qui ne seraient pas susceptibles de se fondre ni de se combiner avec le verre, comme les petits cailloux siliceux, les pyrites ferrugineuses, etc. On débarrasse le sable de ces cailloux et des grains trop gros en le faisant sécher, et le tamisant ensuite, ou le projettant à travers une claie. Une fois que le sable est ainsi préparé, on le mêle soigneusement avec les autres matières ; mais il est bon de faire observer que, lorsqu'on veut opérer pour la première fois et en grand avec du sable dont on ne connaît pas la qualité et avec des cendres dont on ne connaît pas le degré alcalimétrique, on doit se livrer à des épreuves ou à des essais préliminaires. Voici la manière dont M. Bastenaire-Daudenart conseille de les faire : On place dans un petit fourneau de fusion sept creusets numérotés. On introduit dans chacun l'un des mélanges suivants :

	Parties de cendres.	De sable (1).
N° 1	8	0
N° 2	7	1
N° 3	6	1
N° 4	5	1
N° 5	4	1
N° 6	3	1
N° 7	2	1

Après quatre ou cinq heures d'un feu très-vif, on cueille avec la cordeline un peu de verre dans chaque creuset ; on le tire en grand filet, afin de reconnaître celui qui est le plus pur, le plus transparent et qui offre le plus beau coup-d'œil. Quand les filets ou fils sont devenus froids, on les fait glisser entre les doigts dans toute leur longueur, afin de s'assurer s'ils contiennent des *grumeaux*. Après avoir comparé ainsi

(1) L'oxyde de fer leur sert de fondant : ces sables ne reçoivent aucun lavage ; on se borne à les essayer comme nous le faisons connaître.

(2) C'est pour reconnaître à quel degré de température elle se fond sans addition.

ces verres entre eux, on choisit le mélange du creuset qui a donné lieu à la meilleure qualité.

Nous sommes loin de blâmer une telle opération; malgré cela, nous croyons fortement qu'elle est trop longue et trop dispendieuse. Les soudes et les cendres n'agissent que comme fondants, et cette propriété est due en grande partie à l'alcali qu'elles contiennent et à un peu de chaux. Il vaudrait donc mieux les soumettre aux essais alcalimétriques, tels que nous les avons décrits à l'article *Soude et Potasse;* par ce moyen, il y aurait économie de creusets, de combustible et de temps, puisque l'opération pourrait être terminée en un quart-d'heure au lieu de cinq heures. Il est vrai que les cendres contiennent, en général, des sels terreux, des oxydes métalliques, de l'alumine et surtout de la silice, qui peuvent beaucoup influer sur la vitrification; c'est pour cela : 1° que l'essai au creuset peut être de la plus grande utilité; 2° que nous avons jugé utile de donner l'analyse des principales cendres d'après M. de Saussure.

NOMS DES PLANTES.	Cendres contenues dans 1000 parties de plantes sèches.	Sels solubles dans l'eau	Phosphate terreux.	Carbonates terreux.	Silice.	Alumine.	Oxydes métalliq.	Perte.
Paille de blé.	43	9	5	1	61.5	0	1	22.5 (1)
Feuilles de chêne du 10 mai.	53	47	24	0.12	3	0.01	0.64	25.24 (2)
Les mêmes du 27 septembre.	55	17	18.25	25	14.5	0.01	1.75	25.5 (2)
Branches écorchées de jeune chêne du 10 mai.	4	26	28.5	12.25	0.12	0.01	1	32 58
Ecorce des branches précédentes.	60	7	4.5	63.25	0.25	0 01	1.75	22.75
Bois de chêne sans aubier.	2	38	4.5	32	2	0.01	2.25	20.65
Aubier de ce bois.	4	32	24	11	7.5	0.01	2	23.5
Ecorce des troncs de ch^e avec le liber	60	7	3	66	1.5	0.01	2	21.5

(1) L'analyse plus précise de ces cendres donne:

Potasse.	12,5
Phosphate de potasse.	5
Chlorure de potassium.	3
Sulfate de potasse.	2
Phosphates terreux.	6.2
Carbonates terreux.	1
Silice.	61.5
Oxyde métallique.	1
Perte.	7.8
	100

(2) Cette perte est due, pour la plus grande partie, aux sels solubles.

Il est à regretter que M. de Saussure n'ait pas donné une semblable analyse des autres bois; en connaissant ainsi la nature de leurs cendres, on pourrait se dispenser, en grande partie, des expériences précitées, tandis qu'elles deviennent indispensables au fabricant. En effet, l'on a dû voir que les proportions de la silice dans 1,000 parties de paille étaient de 61,5, et les sels solubles à base de potasse de 9, tandis qu'une égale quantité en poids de bois de chêne, sans aubier, a produit 2 de silice et 38 de sels solubles à base de potasse; il est donc bien évident que les cendres employées en même quantité ne donneraient pas une égale vitrification, puisque celles de blé, très-riches en silice, et fort pauvres en alcali, doivent exiger une très-grande quantité de fondant. Mais revenons à notre sujet: les charrées doivent être bien sèches, ainsi que les cendres (1); les soudes brutes doivent être pulvérisées, et, de même que les cendres et la charrée, passées à un tamis à fil métallique serré. Cela fait le mélange n° 1, ou l'une des recettes suivantes, sous les autres numéros.

Verre à bouteilles très-beau.

Sable blanc.	100
Minium.	50
Potasse blanche.	40
Deutoxyde d'arsenic.	0.75

Autre, avec la soude de Varech.

Sable.	100
Soude brute de varech (2).	200
Cassons de bouteilles.	100
Cendres neuves.	50

Autre, très-commun, avec la charrée, l'argile, etc., rapporté par M. Bastenaire.

Sable commun.	100
Charrées de	160 à 170
Soude de varech de	40 à 90 (1)
Cendres neuves (3) de.	30 à 40
Argile jaune ou grise de	80 à 100
Cassons de bouteilles.	100

(1) On achète les cendres chez les particuliers; on doit les déposer dans un magasin bien sec, et les bien mêler, pour en faire un tas homogène.

(2) Cette quantite de soude brute est relative à sa richesse alcaline; ainsi, il en faudra d'autant moins que son degré alcalimétrique sera plus fort.

(3) Le dosage de la soude et des cendres est relatif à leur degré alcalimétrique.

Bottle-Glass, Verre à bouteilles, Verre vert anglais.

C'est l'espèce de verre la plus inférieure que l'on fabrique en Angleterre. On emploie à cet usage les lessives des savonniers et le sable de rivière dans des proportions déterminées par la pratique.

Verre à bouteilles de Saint-Jules, canton de Fribourg.

Sable	24	mesures.
Cendres non lessivées	10	—
Cendres lessivées	8	—

Ce mélange, fondu dans dix creusets de 200 livres de contenance chacun, donne 1,500 bouteilles ordinaires et 50 grandes.

Les beaux verres à bouteilles anglais se composent aujourd'hui de

Cendres lessivées	100
Soude de varech.	40 à 90
Cendres non lessivées de bois.	30 à 40
Argile	80 à 100
Cassons de bouteilles	100

Suivant M. Jaekel, on fabrique de bonnes bouteilles à vin de Champagne avec la formule suivante :

Feldspath.	200
Chaux	20
Sel marin.	15
Scories de hauts fourneaux	125

Un verre à bouteilles qu'on prépare aussi en Allemagne se compose de

Chaux	72
Cendres lessivées	280

Bouteilles basaltiques.

Chaptal et non sir James Hall, comme l'avance Thomson, est le premier chimiste qui ait tenté de faire des bouteilles de verre avec le basalte, avec très-peu d'addition de fondant. Ce savant a tenté ces expériences, à la fin du dernier siècle; il présenta alors aux états de la province de Languedoc diverses bouteilles qu'il avait fabriquées dans les verreries du département de l'Hérault avec le basalte. Ces bouteilles pouvaient tomber d'une hauteur de 1 mètre 65 centimètres à 2 mètres (5 à 6 pieds) sans se casser. M. Chaptal, de qui je tiens ces détails, m'a assuré que le basalte spongieux donnait un plus beau verre que le basalte compacte. J'ai tenté de fondre divers basaltes, et je conserve

dans mon cabinet un verre d'un très-beau noir et très-pesant qui en a été le produit. On peut également en obtenir avec les laves, de manière que les verreries qui ne sont pas éloignées des lieux volcaniques, peuvent ajouter à leurs mélanges les basaltes et les laves dans des proportions déterminées par quelques essais. Cette addition rendra le verre moins cassant.

On fait aujourd'hui un beau verre de basalte en Prusse avec la formule suivante :

Sel de Glauber sec.	20	parties en poids.
Résidu de la lessive des savonniers.	18	
Cendres lessivées.	45	
Picadit ou verre résidu des creusets.	59	
Calcin.	179	
Basalte.	45	

Travail des bouteilles.

Le fourneau de fusion pour les bouteilles est construit comme nous l'avons indiqué; il n'a ordinairement que six creusets, mais d'une plus grande dimension ; la plus ordinaire est

De 92 à 96 centim. (2 pieds 9 pouces à 2 pieds 11 pouces) de hauteur ;

De 91 à 95 centim. (2 pieds 8 pouces à 2 pieds 10 pouces) de diamètre.

De 15 à 16 centim. (5 à 6 pouces) d'épaisseur dans le fond.

Dans les fontes, on les remplit presque en entier, et lorsque la matière est bien fondue, on en met une nouvelle quantité. Le feu doit être très-vif, parce que les constituants du verre à bouteilles ont besoin d'un plus grand coup de feu pour fondre; ce feu doit être longtemps soutenu ; ordinairement il doit durer de sept à huit heures depuis l'introduction des matières dans le creuset jusqu'au travail du verre. Dès que les fontes sont terminées, on attend, pour le travailler, que le verre ait acquis la consistance convenable. On le laisse donc refroidir un peu en cessant d'alimenter le foyer par de nouveaux combustibles, et faisant faire la *braise* par le tiseur.

Lorsque le verre est au point nécessaire pour faire les bouteilles, ce que l'on connaît en y plongeant la canne bien chauffée, la tournant horizontalement, sans que le verre coule à terre, alors les ouvriers cueillent avec la *canne* ou *felle* une petite quantité de verre; ils la laissent un moment à l'air pour la refroidir un peu, ensuite ils la replongent dans

le creuset : il s'attache une nouvelle quantité de verre au bout de la *felle* ; et s'ils jugent qu'il n'y en a pas assez pour faire une bouteille, ils réitèrent encore une fois à plonger la *felle* dans le creuset : alors ils la tournent sur une plaque de fer nommée *mabre*, qui est élevée à la hauteur d'appui, et inclinée devant l'ouvrier comme un pupitre, afin d'égaliser la matière autour de la *felle*. Au bout de cette plaque de fer se trouve placé un baquet plein d'eau froide, destinée à rafraîchir la *felle* : à mesure qu'elle s'échauffe trop, le verrier en jette dessus, en la puisant avec la main. Lorsque le verre est bien arrangé et que la *felle* est en état d'être maniée, un autre ouvrier la prend pour achever la bouteille ; il donne à la *felle* un léger mouvement de rotation en forme d'encensoir, afin d'allonger un peu la masse du verre ; il la plonge aussitôt dans un moule de fer ou de cuivre, où il la tourne en soufflant en même temps dans la *felle*. La bouteille prend la figure de ce moule, et le cul se trouve formé comme un œuf. Il retourne alors la *felle* sens dessus dessous ; il pose à terre le bout par où il a soufflé, et avec un instrument de fer, dit molette, il appuie légèrement sur le cul de la bouteille pour le faire rentrer dans l'intérieur. Il fait en même temps tourner la *felle* entre ses mains, afin que le fond du cul de la bouteille se fasse uniformément. Il pose ensuite la bouteille horizontalement sur une tablette de pierre, un peu au-dessus du niveau de laquelle on a attaché dans la muraille un outil tranchant. Il place le col de la bouteille sur le côté coupant de cet outil ; il fait tourner un peu la bouteille, et elle est coupée par ce mouvement. Il présente ensuite le bout de la *felle* un instant à l'ouvreau pour ramollir le verre qui s'y est attaché ; il soude cet outil au cul de la bouteille, et il la présente dans cette situation à l'ouvreau, pour ramollir l'extrémité du col. De l'autre main, il plonge dans le creuset une verge de fer, dite cordeline, pour prendre un peu de verre en fusion ; il pose le bout de cette verge sur le col de la bouteille, et il fait le collet ou l'anneau en tournant la bouteille circulairement ; il la laisse un instant afin de bien souder cet anneau au col de la bouteille. Alors il se retire de l'ouvreau ; il pose la bouteille, sans la détacher, sur la tablette de pierre dont nous venons de parler, et met dans l'ouverture de la bouteille le côté d'un instrument fait comme une paire de pincettes. Un des côtés de cette pincette a la figure d'un poinçon, l'autre a quelques lignes de largeur et est concave par le côté qui doit serrer le col de la bouteille. Il fait faire un ou deux tours circulaires à la bouteille, en tenant son outil très-fixe dans les mains. Le côté en

forme de poinçon arrondit l'intérieur du col, tandis que l'autre côté de la pince, qui pose sur l'extérieur du col de cette bouteille, arrondit l'anneau, et rabat les inégalités et les filets de verre qui peuvent s'y trouver. La bouteille étant finie, cet ouvrier la remet entre les mains d'un autre qui la porte toujours attachée par le cul à la felle pour la déposer dans un *four à recuire*. Il la place comme elle doit être ; il la détache ensuite en donnant un petit coup de main sur le bout de la felle. On continue ainsi de suite jusqu'à ce que les creusets soient entièrement vides.

Le four, dans lequel on fait recuire les bouteilles, est d'une grandeur convenable pour contenir toutes bouteilles qu'on fait à chaque fournée : on le chauffe d'abord assez pour entretenir rouges, pendant quatre à cinq heures, les bouteilles qu'on y dépose ; après quoi l'on diminue le feu peu à peu, de manière qu'elles sont trente-six à quarante heures à refroidir entièrement. Le four est carré et n'a point de grille ; c'est une aire de briques qui en tient lieu. Les matières combustibles se placent dans un foyer qu'on pratique sous l'aire où l'on dépose les bouteilles; la flamme passe par plusieurs ouvertures qu'on a pratiquées pour qu'elle puisse parcourir toutes les bouteilles. Il est bon de faire observer que la température du four de recuisson doit être telle que les pièces de verre ne doivent point s'y ramollir, parce qu'elles s'y déformeraient ; si, au contraire, le degré de chaleur n'est pas assez fort, le verre se refroidit au point de ne pas permettre à ses molécules de prendre l'arrangement qui leur est propre, et dès lors le recuit est mauvais et le verre défectueux. Pour faire une bonne recuisson, la chaleur doit être au point du rouge brun. Dès le moment que le four est plein, on bouche toutes les ouvertures, et on laisse le four se refroidir de lui-même jusqu'à y pouvoir introduire et tenir la main dedans.

Les grosses bouteilles globuleuses, les bonbonnes pour contenir les acides, se fabriquent parfois en appelant à son aide l'emploi de la force expansive de la vapeur d'eau. Pour cela, on pousse une gorgée d'eau dans l'intérieur et on ferme le trou de la canne avec le pouce jusqu'à ce que la détente de la vapeur ait produit le développement convenable.

Pour donner aux bouteilles la capacité exacte qu'on exige souvent dans les vases ainsi que des formes particulières, on les gonfle aussi dans des moules; on cite, entre autres, le moule de Rickets comme présentant beaucoup de facilité, d'économie de temps et de combustible. Ce moule se compose d'un corps qui forme le ventre de la bouteille et de quatre autres

parties, un fond fixe avec piston mobile pour faire la cavité du cul, et deux pièces pour le col. Deux marches mettent ces différentes pièces en mouvement. Aussitôt que l'ouvrier a introduit son cylindre dans le corps du moule, il presse avec son pied la première marche, rabat les pièces de col, souffle fortement ce verre pour qu'il s'applique sur toutes les parties du moule et termine en faisant fonctionner la deuxième marche qui chasse le piston dans le fond à la hauteur voulue pour former cette partie. Il ne reste plus, au sortir du moule, qu'à faire l'anneau du col pour que la bouteille soit complète.

Les bouteilles, surtout celles à vin de Champagne et pour eaux gazeuses, doivent résister à une haute pression. On a inventé, pour essayer leur résistance, des machines ingénieuses dont les meilleures sont celles de MM. Colardeau et Desbordes; on les trouvera décrites dans les bulletins de la Société d'Encouragement.

Outil propre à fabriquer les goulots des vases en verre, par M. Guiraud.

A B. fig. 151, tige en fer fixée au ressort C D, au moyen d'une rivure au point A'.

E F, branches de la pince portant, l'une une mâchoire G, servant à sontenir quand la pince est fermée, et l'autre un galet H monté sur l'axe I et portant une hélice double ou simple.

K, embase contre laquelle doit s'appuyer l'extrémité supérieure du goulot.

L L, traverse passant dans deux mortaises pratiquées dans les branches aux points *b' b'*, et destinée à maintenir ces dernières dans la même direction.

M, douille cannelée, s'introduisant dans le goulot pour en régler le diamètre intérieur.

Il faut engager la douille M, dans le goulot, de manière que l'extrémité supérieure de ce dernier vienne s'appuyer contre l'embase K.

Fermer le fer sur le goulot en imprimant à la bouteille un mouvement de va-et-vient, comme cela se pratique pour la formation de l'anneau de la bouteille ordinaire. Il est évident qu'au moyen de ce mouvement, l'hélice du galet doit s'imprimer sur le goulot.

Verre en table ou à vitres.

Les Anglais divisent ce verre en deux qualités :

La première est le *broad-glass*, ou verre à vitres commun ou demi-blanc;

La seconde est le *crown-glass*, ou verre à vitres blanc.

Ces deux qualités de verre se fabriquent de la même manière; il n'existe d'autre différence que celle de la pureté des principes constituants. Dans l'une et l'autre de ces qualités n'entrent ni charrée des cendres et des soudes, ni sable jaune. Dans le verre vert, l'on fait entrer tous les morceaux de verre qui tombent dans l'atelier en se détachant des outils, et même le *picadit*, et tous les déchets du verre blanc. Dans celui-ci n'entrent que les principes constituants sans rognures de verre, picadit, etc., ainsi qu'on pourra le voir dans la recette que nous joindrons à cet article.

Dès que le mélange vitreux est bien fait, on le soumet à la fritte. Pour cela, on le projette par une petite ouverture dans le fourneau, ou l'arche consacrée à cette opération. La flamme du fourneau de fusion traverse les lunettes de cette arche et vient chauffer le mélange qu'un ouvrier a le soin de remuer de temps en temps, afin que toutes les parties soient également chauffées. La fritte de ce mélange dure tout le temps de la fonte du verre; il en résulte les avantages que nous avons déjà signalés. Il est bien entendu qu'on l'introduit à la chaleur rouge dans les creusets de fusion.

Le verre à vitres vert a une couleur qui varie du léger vert d'herbe au jaunâtre : non-seulement on en fait des verres à vitres, mais encore des cloches pour les jardins, des bouteilles, des carafes, de grands vases de verre, dits *tambours*, pour conserver les liquides, des cornues, des ballons, des capsules, des fioles à médecine, des rouleaux, des verres, des conserves, et une foule d'autres vases propres à conserver également des liquides, des poudres, des substances salines, des huiles, etc.

Avec le verre blanc, on fabrique également tous les ustensiles que l'état incolore du verre fait rechercher davantage; on en fabrique surtout les verres à vitres plus ou moins épais que l'on destine, soit aux grandes croisées, soit à couvrir les gravures ou lithographies, aux portières des voitures, aux tablettes dans quelques magasins, ainsi que pour les plateaux des machines électriques, pour les flacons, conserves, cloches à couvrir les vases à fleurs et les pendules, etc., etc. Voilà la manière dont on fabrique le verre à vitres en France :

Autour du fourneau et aux côtés des ouvreaux, on ménage une ouverture suffisante pour que le souffleur puisse tourner la canne sans qu'elle touche à terre; on place ensuite, au-dessus de ce trou, et vis-à-vis chaque ouvreau, deux fortes planches dont un bout porte vers le four et l'autre en sens inverse; le milieu de ces planches est consolidé par des po-

teaux; elles forment des espèces de petits ponts sur lesquels on place un établi d'environ 62 centim. (2 pieds) de hauteur, lequel est muni d'une plaque en fer destinée au tranchement de la paraison. Un peu au-dessus est une petite pièce de bois creuse dans laquelle on met un peu d'eau. Lorsque tout est bien disposé, et que la canne est chauffée, l'aide ouvrier cueille du verre dans le creuset et le tourne, afin que le courant d'air qu'il produit refroidisse le verre, lui donne de la consistance et l'empêche de couler; après cela, il prend une nouvelle quantité de verre, mais plus forte, avec la même canne, et la donne au maître ouvrier. Voici comment M. Bastenaire-Daudenart décrit la suite de cette opération :

« Celui-ci (le maître ouvrier) prend la canne garnie de la main droite, la pose par le bout sur la plaque de fer, toujours en tournant; il tranche le verre près de l'extrémité; il replonge la canne dans le creuset, cueille de nouvelle matière et revient promptement à son établi avec une masse de verre rouge; il la pose en tournant dans l'eau qui se trouve au creux du morceau de bois; pendant qu'il fait tourner le verre en divers sens dans ce creux, le sous-aide verse avec la main droite de l'eau sur la partie du verre qui doit former la *meule*. Par cette aspersion, on atteint le double but de refroidir la canne et de rendre moins adhérent le verre qui s'y trouve attaché. La masse de verre est portée ensuite à l'ouvreau pour la ramollir et lui donner une élasticité capable de la faire céder facilement à l'action du soufflage. Lorsque l'ouvrier juge que le verre est assez pénétré de chaleur, il le retire et recommence la même manipulation avec de l'eau, mais en soufflant dans la canne au point de faire grossir le verre et de lui donner, à peu près, la forme d'un melon. Il prend alors la canne d'un bras vigoureux et lui fait décrire une ligne courbe en allant et venant à la façon d'un battant de cloche. Dans ce mouvement demi-circulaire, l'ouvrier souffle dans la canne à l'instant où le verre et la canne se trouvent parallèles avec sa bouche; par ces diverses manipulations le verre s'allonge et prend la forme d'un cylindre (cet allongement doit se faire autant par le propre poids du verre flexible qui s'étend que par l'action du soufflage).

» Une des principales conditions pour bien réussir dans le soufflage, c'est de ne jamais laisser la pièce de verre en repos pendant qu'elle est encore élastique, parce que toutes ses parties s'affaissent; mais de la faire incessamment vaciller par un mouvement continuel qui tend à maintenir ses formes. Je suppose, ajoute M. Bastenaire, que le souffleur effectue le soufflage sur une quantité de 2 kilog. de verre, ce

qui peut constituer un carreau de vitre d'une assez grande dimension; il doit remettre trois, et même quatre fois son ouvrage à la chaleur du fourneau, avant que la matière ait acquis l'étendue désirée; une fois cette limite atteinte, il pose la canne sur le crochet portatif, qu'un aide ouvrier lui place dans la direction de l'ouvreau; il introduit le cylindre soufflé dans le four, et là il souffle avec une telle force, que le vent perce le cylindre, passe au travers et le rend uniforme. La chaleur a besoin d'assez d'intensité, afin de soulager l'ouvrier qui, sans cela, soufflerait en vain pour percer le cylindre. Alors le souffleur le retire du fourneau en tournant la canne avec une grande vitesse en forme de moulinet; il ralentit ses mouvements à mesure que le cylindre devient plus ferme; arrivé au degré de consistance nécessaire, il le donne à un sous-aide; celui-ci le pose sur un tréteau à deux appuis en même temps qu'il prend une goutte d'eau avec un outil de fer, la pose sur le bout du cylindre, près de la *meule*, et, d'un coup de cet outil appliqué sur le milieu de la canne, la pièce soufflée se détache avec une cassure plus ou moins égale. »

Pour les verres destinés à couvrir les pendules, les vases à fleurs, à faire des cloches, etc., la manipulation est la même, excepté que l'ouvrier n'a pas besoin de détruire, par une forte insufflation, la voûte vitreuse. Quant aux verres de grandes pendules qui ont une forme elliptique, on la leur donne le plus souvent dans une arche du fourneau de fusion, et quelquefois dans un four construit pour cet usage. On entre ces cylindres dans l'un ou l'autre de ces fours, et, lorsqu'ils sont bien ramollis, on les aplatit sur les deux surfaces, on les retire et on les fait recuire ou refroidir graduellement. Les cylindres ronds n'ont pas besoin d'être recuits; on doit se borner seulement à réparer le défaut qu'ils contractent en se détachant de la canne; on y parvient en entourant la surface extérieure des cylindres d'une goutte de verre rouge qu'on tire en filet, etc.

Mais comme les carreaux doivent être d'une grandeur égale, pour cela le maître ouvrier place tout le long du cylindre, à la partie haute, un morceau de bois, ou, si l'on veut, un bâton sur lequel se trouve marquée la longueur du carreau; dès lors, il cueille une goutte de verre avec la cordeline et retranche, de la même manière que nous l'avons indiqué, tout le verre qui dépasse cette marque. Comme ce n'est presque toujours que du côté de la canne que le cylindre n'est pas uni, c'est aussi du côté de la *meule* que cette séparation doit avoir lieu. Lorsque les cylindres, appelés

également manchons, sont ainsi préparés, on les place l'un à côté de l'autre sur les bâtons d'une échelle appropriée à cet usage, et on les arrange dans un fourneau particulier. Nous avons donné la description d'un de ces fours, dû à M. Malherbe, nous en décrirons un autre mieux organisé, dans un instant. Pour pratiquer l'étendage, on chauffe les fourneaux au rouge, en ayant soin que celui dans lequel doit se faire l'étendage soit plus chaud que l'autre. On place alors les cylindres sur des tréteaux à double appui; l'on coule une goutte d'eau sur le ventre du cylindre, l'on promène ensuite une petite baguette de fer rougi sur la ligne décrite par l'eau; par ce moyen, la fracture longitudinale du cylindre a lieu assez régulièrement. Cette opération faite, on présente le cylindre à une chaleur qui ne puisse point le ramollir, on le porte graduellement dans l'intérieur du fourneau, et lorsque l'ouvrier étendeur reconnaît qu'il est ramolli au point qu'il est sur le point de plier, il le saisit avec une longue barre de fer et le dépose sur la plaque en fer ou en bronze à étendre qui est placée au milieu du four; dès lors, l'étendeur abaisse, avec un outil destiné à cet usage, les deux côtés du cylindre qui retombent de chaque côté; après cela, pour la bien unir, il promène, avec assez de vitesse, sur la surface du verre une espèce de masse métallique bien polie qui pèse de 6 à 8 kilog. et adaptée à une barre de fer. Une fois que le carreau est fait, il n'y a plus qu'à le recuire; pour cela, l'ouvrier pousse le carreau avec un nouvel outil par une ouverture qui se trouve en face de lui dans le fourneau de recuisson dont la température se trouvant moins élevée que l'autre, le verre y acquiert de suite plus de consistance; dès lors, on y fait glisser au-dessous un outil en fer très-mince et disposé en X, au moyen duquel on enlève le carreau, et on le place dans une position presque verticale sur des supports en fer qui traversent le fourneau, en ayant soin de placer de distance en distance des barres transversales pour leur servir d'appui et pour éviter que le poids de ces carreaux ne détermine la cassure des premiers placés. L'on continue ainsi pour tous les autres manchons; et, lorsque le four de recuit est rempli, on cesse le feu, on ferme toutes les ouvertures et on laisse le fourneau se refroidir lentement.

Le fabricant doit sentir combien il lui importe de bien diriger l'application de la chaleur, puisque, dans la conversion des manchons en verre à vitres, si le feu est trop fort, les pièces s'affaissent et sont perdues pour lui; s'il est, au contraire, trop faible, le verre ne peut pas plier bien aisément ni prendre le poli et l'uni que doivent avoir ses deux surfa-

ces. Nous ajouterons, pour le fourneau de recuisson, qu'il faut bien se garder de le trop chauffer, parce que le verre, en se ramollissant, serait tout *valendré* et gauche; par un effet contraire, s'il n'était pas assez chaud, le verre serait mal recuit, plus fragile, et bien loin de casser sur la ligne tracée par le vitrier avec le diamant, la cassure aurait lieu à côté, et quelquefois même elle serait accompagnée de petits éclats au lieu d'être bien unie.

Nous avons représenté dans la figure 152, lettres A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, M, toutes les circonstances de la fabrication d'une vitre soufflée et dans la figure 153, lettres A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, celles de la fabrication du verre en tables.

Fabrication anglaise du verre à vitres.

On se servait jadis dans toutes les verreries françaises et du continent d'un procédé qui a été généralement abandonné depuis le commencement de ce siècle, mais qui s'est conservé en Angleterre, parce qu'il fournit du verre à vitres d'un éclat parfait, mais malheureusement de petit échantillon. Nous allons le décrire sommairement avec les perfectionnements les plus récents qu'il a subis dans ce pays.

Dans le mode de fabrication de cette sorte de verre que les Anglais appellent en conséquence crown-glass, on façonne une sorte de vase aplati devant un four spécialement construit pour cet objet, qu'on convertit, sans aucune interruption dans la marche des opérations, en un disque rond plus épais au centre.

La figure 154 présente une vue générale de la halle au crown-glass, dans une fabrication anglaise. *a* est le four de fusion, dont nous donnerons plus bas la description; *b*, la cave ou vaste carneau souterrain; *c*, le cône pour produire le tirage; *d*, *d*, *d*, les arches à recuire; *e*, le four à souffler; *f*, *f*, les foyers; *g*, *g*, les diverses ouvertures par lesquelles on introduit les feuilles de verre dans les arches à recuire; *h*, *h*, *h*, les forts du bâtiment reposant en partie sur le cône. Cette figure suffit pour donner une idée de ces sortes de constructions.

Les fig. 155, 156, 157 représentent le plan du four de fusion et des élévations par devant et sur le côté de ce même four.

a, *a*, *a*, *a*, piliers en pierre qui portent le cône; *b*, *b*, *b*, *b*, murs du four; *c*, *c*, grilles sur lesquelles brûle le combustible; *d*, *d*, sièges pour les pots qui sont placés un devant chaque ouvreau *e*, *e*, *e*; *g*, élévation des côtés *f*, *f*, et *h*, une élévation des faces *i*, *i*; *k*, *k*, *k*, des ouvertures temporaires ou tonnelles

pour permettre à l'ouvrier d'introduire de gros leviers en fer propres à faciliter le placement des pots qui sont portés sur une machine à l'état rouge de feu dans le four par l'autre ouverture temporaire *l*.

La figure 158 représente en élévation un four complet à crown-glass avec son cône tel qu'il est établi à la verrerie de MM. Chance à Birmingham.

La fig. 159 fait connaître la manière dont la flamme du foyer pénètre au centre entre les pots, ainsi que la manière dont l'arche est en communication avec le four.

Lorsqu'un certain poids de verre *a*, fig. 160, a été puisé ou recueilli dans les pots à l'extrémité de la canne *b*, on le roule sous une forme particulière indiquée par la figure sur une plaque solide en fonte appelée *mabre*, quoique différente pour les bouteilles. Avant de poser sur le mabre, l'ouvrier rafraîchit sa canne qui s'est échauffée par son exposition à la chaleur du four, et pour cela il opère de la manière suivante :

La fig. 161 est une cuve remplie d'eau sous laquelle est fixé un tuyau en fer *b* percé de petits trous nombreux *c*, *c* et placé au-dessus d'une auge *d* pour recueillir l'eau, laquelle s'en écoule par un tuyau de trop plein *e*. Deux petits supports en fer sont implantés sur les extrémités de cette auge, de façon que l'ouvrier en plaçant sa canne chaude sur les supports, la pose directement sous une pluie de filets d'eau dont on règle l'intensité au moyen d'un robinet *g*. En faisant aller et venir la canne elle se refroidit bientôt au point que l'ouvrier peut reprendre son travail.

Le mabre *c*, fig. 160 et 162, est monté sur un charriot pour pouvoir le transporter d'un lieu à un autre ; et lorsque la masse de verre a acquis la forme convenable, un gamin souffle dans la canne, tandis que l'ouvrier continue à tourner sur le mabre.

La portion de verre attachée à l'extrémité de cette canne, et qui postérieurement devient le bord extérieur de la feuille de verre, a souvent, par le peu d'attention apporté au travail, une trop grande épaisseur et par conséquent enlève de la valeur du verre dans le commerce. M. Ewing a inventé une disposition fort simple pour remédier à ce défaut. Il applique sur le dos ou revers du mabre un instrument qu'il appelle un couteau et qui a été représenté dans les figures 163 et 164. Ce couteau est en fer, affilé au moyen d'une lime douce. La forme *a*, fig. 162, n'est pas absolument nécessaire et on peut construire le couteau comme il est représenté en *b*, fig. 163.

Quelle que soit, du reste, leur forme, ces couteaux sont attachés au mabre par des boulons ou des vis.

Le verre moulé ou le gros globe de verre qu'on appelle *pièce*, en Angleterre, est placé sur le mabre, le col sur le couteau et tout près de son insertion sur la canne, pendant que le gamin souffle dans celle-ci, ce qui l'empêche de prendre de l'épaisseur en ce point. Ensuite, lors du réchauffage et du soufflage de la masse, on le tient dans la même position sur un autre couteau, fig. 165, qui a exactement le même but.

M. Chance, habile fabricant de Birmingham, a proposé d'atteindre le même but en attachant une barre de bois tendre et doux, du poirier par exemple, sur le côté extérieur d'un mabre ordinaire en *c*, fig. 162, sur le bord supérieur de cette barre qui peut avoir environ 2 mètres (6 pieds) de longeur, 12 centim. (4 pouces 1/2) de largeur et 25 millim. (11 lignes) d'épaisseur ou de coupe, des crans de 5 centim (2 pouces) de largeur sur 2 centim. (9 lignes) de profondeur pour recevoir le col de la pièce. La barre peut descendre audessous de la surface du mabre, pendant que l'ouvrier façonne sa pièce, mais aussitôt qu'on commence à souffler il la fait relever par son aide, de manière que le col repose dans l'un des crans. C'est, du reste, une chose facile à exécuter que cette manœuvre, en tendant une des extrémités de la barre mobile sur un axe tandis que l'autre pose sur une cheville qu'on peut placer dans des trous, à des élévations variables.

Pendant le travail sur le mabre la masse de verre est travaillée de manière à donner à son extrémité extérieure une forme conique dont le sommet devient l'axe postérieur du globe au soufflage. Cet axe postérieur est appelé *bouillon* et pendant que le globe se dilate, l'ouvrier roule ce bouillon le long d'une barre horizontale droite qu'on voit dans la fig. 166, et qu'on nomme *barre à bouillon.*

Ce mouvement continu du verre sur cette barre à bouillon, forme des lignes plus ou moins ondulées autour du centre de la table de verre, ondulations qui en altèrent la qualité.

La fig. 167 représente un appareil dont l'invention est due à M. Hartley pour faire disparaître ce défaut ; *a* est le globe de verre attaché par son col *b* à la canne ordinaire *c*, mais au lieu du bouillon *d* reposant sur la barre à bouillon, comme on le fait d'habitude, il est soutenu par un tube *e* sur l'extrémité duquel l'ouvrier le fait tourner. *f* est un bouclier

pour protéger le gamin qui tient l'appareil *e*, des effets de la chaleur du globe chaud.

La pièce de verre ayant subi l'opération précédente est rechauffée dans un four à souffler, fig. 168, en l'exposant à l'ouvreau *a* et dilatée par l'ouvrier en soufflant dans la canne jusqu'au moment où il est devenu assez froid pour exiger un nouveau rechauffage qu'on lui donne en le présentant à l'ouvreau *b*.

Amené ainsi par le soufflage à la dimension convenable, fig. 169 et 170, on l'expose de nouveau au devant de l'ouvreau *b*, puis l'ouvrier posant sa canne sur un support en fer, temps pendant lequel le col reste froid, il fait prendre à son globe, par un mouvement particulier imprimé à sa canne la forme, fig. 171. Cette dernière opération s'appelle en termes techniques *bottoming the piece*, aplatir ou poncer la pièce.

Dans cet état cette pièce est transportée dans un appareil, fig. 173, où elle repose par son bord sur un lit de charbon et de scories pilées *a*. Alors un autre ouvrier soude une forte tige de fer chargée à son extrémité de verre en fusion au centre de cette pièce en *b*; le souffleur touche le col de la pièce en *c*, avec une tringle de fer qu'il a auparavant plongée dans l'eau, puis par un coup sec donné sur la canne *d* il détache la pièce, en laissant le col ouvert, ainsi que le représente la fig. 172.

La pièce est alors transportée au *fashing furnace* ou four à aplatir, qu'on voit représenté dans les fig. 174 et 175. Le col épais est d'abord présenté à l'ouvreau *a* d'où sort une flamme volumineuse et puissante qu'on aperçoit plus distinctement dans la fig. 177. Le combustible est placé sur la grille *b*, et c'est de là que part la flamme qui s'élance par l'ouvreau *a* pour chauffer la pièce. Pendant qu'on travaille, la porte *c* est fermée, comme dans la fig. 174. Et aussitôt que le col est suffisamment ramolli, un gamin insère un outil plat en fer par l'ouverture *d*, pour unir ou polir les rugosités laissées sur le col, lorsqu'on l'a détaché, comme il a été dit ci-dessus. Cette partie du four à jet de flamme est appelée *nose hole*, trou du nez, et sa construction a été perfectionnée par M. Hartley, en introduisant l'air par-dessus le combustible en flamme, et non plus par-dessous, ce qui empêche la poussière et les vapeurs nuisibles de pénétrer et de détruire le verre dans le col de la pièce.

Le travail de l'aplatissage s'exécute dans une autre position du four, représentée dans les fig. 174 et 175 devant l'ouvreau *e*.

Lorsque le col a été suffisamment chauffé au trou du nez, la pièce qui a la forme d'une cloche est amenée devant cet ouvreau *e*, où elle reçoit toute la chaleur de la flamme, pendant qu'on fait tourner la canne avec la plus grande rapidité possible. L'effet de ce mouvement de rotation sur le verre amolli est facile à concevoir. La force centrifuge communique aux particules du verre une tendance à s'échapper par la tangente et à se disposer suivant un plan circulaire, perpendiculaire à l'axe de rotation. Or, l'ouverture étant la portion la plus ramollie, s'ouvre la première, et cette ouverture se propageant de proche en proche la cloche finit par s'étendre en une feuille unique de verre, ainsi qu'on le voit fig. 176, qui peut avoir 2 mètres (6 pieds) de diamètre à peu près partout d'une épaisseur uniforme, excepté dans la portion centrale.

Il est évident qu'une feuille de verre de cette dimension s'affaisserait promptement sur elle-même, dans l'état de mollesse où elle est, si on ne la maintenait pas dans un état constant de rotation. L'ouvrier continue ainsi à la faire tourner après l'avoir soustraite à l'action de la flamme du fourneau, jusqu'à ce qu'il atteigne le four à recuisson où il la place sur un petit banc circulaire pour en détacher la tige au moyen d'une paire de fortes pièces, qui laisse une loupe ou noyau épais qu'on appelle *bouillon, œil de bœuf, pontis*.

On a représenté dans la fig. 177 un ouvrier exécutant le travail de l'aplatissage.

C'est un autre ouvrier qui est chargé du recuit et qui enlève alors la table de verre sur un instrument en forme de fourche pour la transporter dans l'arche ou four à recuire par l'ouverture *a*, fig. 178, tandis qu'un aide en soulève un des bords avec précaution pour la disposer dans une position verticale, ainsi qu'on l'a représenté en *b*. Les feuilles ou tables ainsi posées sur champ sont soutenues par deux supports robustes en fer *c*, *c*, *c*, *c*, fig. 179, disposés parallèlement, qui règnent sur presque toute la longueur de l'arche à recuire. On a représenté cette arche dans la fig. 180; *a*,*a*, les foyers; *e*,*e*, les cendriers; *f*, *f*, *f*, les trous par où la flamme et la fumée s'échappent dans la cheminée.

Le verre après être resté dans le four à recuire pendant un temps considérable, durant lequel on a réglé soigneusement son refroidissement; il en est enfin retiré en démolissant la muraille temporaire *g*, pour qu'on puisse s'y introduire et en passer les feuilles à des aides qui les transportent au découpage.

Nous allons maintenant faire connaître les principales recettes de verre à vitres ordinaire et du verre blanc que nous avons recueillies dans les meilleurs ouvrages.

Verre à vitres commun fabriqué en manchons, propre pour des carreaux de moyenne grandeur.

Sable.	100
Potasse, de	20 à 25
Schlot, provenant des salines, lequel contient du sel marin et beaucoup de soude.	8
Charbon de hêtre en poudre, etc.	2
Cendres neuves..	180
Crasses de verre, dites *picadit*, pilé et calciné, de	120 à 150

M. Loysel, à qui nous devons cette recette, fait observer, avec juste raison, que cette composition peut varier considérablement. En effet, les proportions des cendres doivent être en raison inverse de leur degré alcalimétrique, et celles du *schlot* en raison de la quantité de sulfate de soude qu'il contient. Il est ici un fait digne de remarque, c'est que Loysel avait connu *pratiquement* la décomposition du sulfate de soude par le charbon, que M. Pajot-Descharmes a depuis bien démontrée.

Verre à vitres commun, fabriqué soit en manchons, soit en boudine, avec la soude de varech.

Sable.	100
Soude brute de varech.	230
Cendres neuves..	50
Cassin..	100
Oxyde de manganèse.	1.15

Verre en table ordinaire.

Sable blanc..	100
Potasse.	58
Verre en poudre.	100
Chaux..	10
Oxyde d'arsenic..	3

Macquer, qui a donné deux très-bons articles sur la vitrification, dans son *Dictionnaire de Chimie*, a fait connaître les deux recettes suivantes :

Verre à vitres de Torrens.

Sable.	100

Cendres non lessivées	200
Sel marin, de	15 à 20

On ajoute pour chaque 115 kilog. de matière, une cuillerée d'oxyde de cobalt.

Verre à vitres de Saint-Jules.

Sable blanc	25 mesures.
Cendres non lessivées	25 —
Potasse	1 —
Salin	1/2 —
Sel commun	2 —

Verre à vitres blanc, façon de Bohême, pour couvrir les estampes, pour les portières des voitures, les grands carreaux des croisées, etc.

Sable blanc	100	
Potasse très-blanche	50	à 66
Chaux delitée	8	
Rognures ou calcin	50	à 100
Oxyde d'arsenic	0.4	à 6

On se sert souvent en Angleterre pour la fabrication des crown-glass ou verres non soufflés, des formules suivantes :

Sable	560	448	800
Chaux vive	154	146	250
Carbonate de soude	119	168	250
Sulfate de soude	63	17	62.5
Arsenic	2	2	»
Calcin	448	448	800

Le verre à vitres allemand se compose de

Carbonate de soude	340
Sulfate de soude	305
Chaux vive	470
Sable	1000

En Russie, on a fait usage des recettes suivantes :

Sable lavé	100
Cendres de sapin	50
Cendres de saule	150
Cendres de paille de froment	40

ou bien :

Sable	100
Potasse calcinée	30
Sel marin	15
Chaux	22

ou bien encore :

Sable quartzeux	400
Soude purifiée sèche	120 à 140
Chaux vive	140
Calcin	720
Peroxyde de manganèse	1
Arsenic	1

Pour les fioles, les cornues, les objets en verre des chimistes, des apothicaires, etc., on fait usage des formules que voici :

Verre blanc.

Sable	200
Potasse calcinée	130
Chaux éteinte	12
Calcin blanc	200
Peroxyde de manganèse	1

Verre demi-blanc.

Sable	100
Soude brute contenant de la chaux	100
Calcin	100
Peroxyde de manganèse	1

Verre vert pour fioles.

Sable blanc	100
Potasse impure	30 à 35
Cendres	110 à 120
Peroxyde de manganèse	0.25 à 0.50
Calcin	17

Verre de Bohême pour la taille.

Sable blanc	100
Potasse purifiée	60
Chaux	8
Calcin	40
Manganèse	0.75

Autre formule.

Sable	100
Potasse	30
Chaux	18
Matières purifiantes	»

Verre blanc de Solinlass pour la chimie.

Sable blanc	100

Potasse.	414
Chaux.	175

M. Bastenaire-Daudenart en a donné plusieurs recettes, parmi lesquelles on distingue les trois suivantes :

Verre en table ou à vitres blanc.

Sable blanc.	100
Potasse belle.	65
Calcin de verre blanc..	50
Chaux éteinte à l'air.	6
Deutoxyde d'arsenic.	1
Peroxyde de manganèse..	0.3

Autre.

Sable très-blanc.	100
Bonne soude.	90
Calcin de verre blanc..	110
Minium.. . . . . } p. ég. .	5
Sous-carbonate de chaux. } p. ég. .	5
Peroxyde de manganèse..	0.4

Autre.

Sable blanc.	100
Calcin.	100
Bonne soude.	80
Sous-carbonate de chaux.	8
Peroxyde de manganèse.	0.2
Oxyde de cobalt.	0.1

L'auteur recommande de les fritter avant de les enfourner dans les pots. Il avertit en même temps qu'il faut faire de légers changements aux proportions de chaque matière, suivant la bonté des fourneaux, ainsi que leur tirage, qui sont la règle qu'on doit suivre. Les coups de feu, dit-il, non-seulement ne sont point égaux dans toutes les verreries, mais ils ne sont pas même constants dans un fourneau de fusion. Ordinairement, les feux sont moins actifs au bout de quatre à cinq mois de service ; il faut alors augmenter la dose des fondants. Voilà pourquoi il est si difficile de fixer des mélanges qui puissent convenir à toutes les fabriques, puisqu'il faut quelquefois varier sur les proportions adoptées dans la même verrerie depuis plusieurs années; en voici des exemples : deux fourneaux étaient sous la même halle ; l'un ne tirait point, et l'autre tirait fort bien.

Voici la composition pour le premier :

Fourneau tirant mal.

Sable blanc.	150
Potasse.	120
Calcin.	135
Chaux.	15
Peroxyde de manganèse..	0.75

Ce verre s'affinait très-lentement ; aussi la grande quantité de combustible qu'on employait à sa fabrication le rendait très-coûteux ; on ne pouvait cependant augmenter la dose de la potasse sans nuire à sa qualité, en le rendant apte à attirer l'humidité de l'air et à se décomposer ; on y obvia en augmentant les proportions du calcin de la manière suivante :

Sable blanc..	150
Potasse..	120
Calcin.	185
Chaux.	20
Peroxyde de manganèse..	0.50

Ce verre, quoique beau, était inférieur au suivant :

Sable blanc.	150
Potasse..	120
Calcin.	200
Chaux.	25
Protoxyde de manganèse. } p. ég. .	0.5
Azur.. . . . . }	

Fourneau tirant bien.

Dans un pareil fourneau, on a gardé longtemps les proportions suivantes :

Sable blanc.	140
Calcin.	140
Potasse..	100
Chaux.	16
Peroxyde de manganèse..	1

Autre.

Sable blanc.	140
Calcin.	130
Potasse..	100
Chaux.	15
Peroxyde de manganèse.	2

Autre.

Sable blanc.	155

Calcin.	115
Potasse..	100
Chaux.	16
Peroxyde de manganèse.	3

Dès qu'on reconnut que le fournean donnait un feu moins intense, on diminua un peu le sable et l'on augmenta le calcin.

Voici donc l'état comparatif des différences des proportions qui existent dans les compositions des fourneaux qui tirent bien et de ceux qui tirent mal :

	Fourneau tirant mal.	Tirant bien.
Sable.	150	155
Calcin.	200	115
Potasse.	120	100
Chaux..	25	16
Manganèse..	0.50	3
Azur.	0.50	0
Total. . . .	496	389 part.

Il est aisé de voir combien il est avantageux pour le fabricant d'avoir des fourneaux qui tirent bien, tant pour l'économie du combustible que pour celle de l'alcali, etc. Pour mieux en faire connaître les avantages, nous allons laisser parler M. Bastenaire-Daudenart :

« Pour peu qu'on y fasse attention, on voit de suite que le verre du premier fourneau doit revenir à un prix plus élevé que celui du second, malgré l'augmentation numérique du total des matières ; car cette augmentation n'a pour motif que la potasse et le calcin mis en plus dans la composition. Cet excédant ne peut donc pas être considéré comme matière de verre fabriqué, puisque l'alcali doit être en partie dissipé dans l'opération de l'affinage ; le calcin étant un corps vitrifié, il ne peut être non plus regardé comme le produit de cette vitrification dans laquelle il n'entre que comme partie constituante.

» En effet, si dans le premier four, 120 parties de potasse opèrent la vitrification de 150 parties de sable, on voit, dans le second, que 100 parties de la même potasse en vitrifient 55 de sable. Or, le bénéfice du dernier four, relativement au produit, doit être, selon moi, du poids de 31 2/3 parties de verre sur l'ensemble de composition ; car, si 100 parties de potasse en vitrifient 155 de sable, cet excédant de 20 d'alcali doit en vitrifier 31 2/3 de plus, qui sont un bénéfice considérable pour le fabricant ; ajoutez à cela un affinage plus prompt et la diminution du combustible. »

Tous les fabricants de verre ont reconnu que plus les fourneaux sont susceptibles de donner un grand degré de chaleur, plus on peut augmenter la quantité de sable. Il est donc bien évident que la prospérité d'une verrerie est attachée, en très-grande partie, à la bonté des fourneaux, ainsi qu'au choix du combustible.

Verre sans potasse ni soude, par M. Jaekel.

M. Jaekel a proposé de substituer le feldspath à la potasse et à la soude. Voici la composition qu'il donne, tant pour le beau verre que pour le cristal :

Feldspath		16 kil. 590 gram.
Chaux.	aa. .	5 — » —
Sel marin. . . .	aa. .	5 — » —
Sable.		19 — 180 —
Peroxyde de manganèse.		» — 125 —

Procédés nouveaux de fabrication du verre, par MM. W. H. Balmain *et* C. A. Parnell.

On trouve dans le *Technologiste*, 11e année, page 185, un mémoire de deux chimistes habiles, sur un mode nouveau de fabrication du verre. Ce mémoire nous paraît présenter un si grand intérêt pour les verriers, que nous le reproduisons ici en grande partie.

« 1° Nous nous occuperons d'abord, disent les auteurs, de la préparation des silicates simples de soude, de potasse et de baryte, et des silicates doubles de ces bases que nous préparons en chauffant leurs sulfates respectifs avec du sable et une matière charbonneuse, parce que nous croyons qu'il est plus avantageux de fabriquer le verre avec ces silicates que par les procédés communément en usage.

» Pour préparer le silicate de soude, à 20 pour 100 de cette base, on mélange à 150 kilog. de sable, 100 kilog. de sulfate de soude sec et en poudre fine et 7 à 8 kilog. de charbon de bois réduit en poudre fine, et on chauffe le mélange dans le four qui séra décrit plus bas, ou par les moyens ordinaires. A mesure que le silicate tombe du fourneau, on le reçoit dans un vase rempli d'eau, ce qui le rend plus facile à pulvériser, et en dissolvant le sulfate en excès, le présente sous une forme plus commode pour être recueilli.

« Pour faire le même silicate à 12 pour 100 de soude, on mélange 3 parties de sable, 1 de sulfate de soude et on chauffe en agitant de temps à autre dans un four à réverbère ordinaire. Si le feu est convenablement conduit, le pouvoir désoxydant de la flamme suffit pour effectuer la dé-

composition du sulfate sans addition de matière charbonneuse, et par une exposition à une chaleur rouge sombre pendant six à dix heures pour obtenir un silicate parfait.

» Pour préparer un silicate de potasse à 26 pour 100 de base, on prend 175 kilog. de sable, 125 kilog. de sulfate de potasse et 8 kilog. de charbon, et pour un silicate à 14 pour 100, 125 kilog. de sable et 150 kilog. de sulfate de potasse.

» Quand on veut préparer des silicates doubles, on procède de la même manière en adaptant la proportion de sable et de charbon aux équivalents combinés des deux bases, et employant, quand les matières sont en fusion dans le four nouveau, un seul équivalent de charbon pour chaque équivalent de sulfate et trois équivalents de sable pour base.

» Dans quelques cas, on trouvera qu'il est plus avantageux d'employer l'une des bases à l'état de sulfate et l'autre à celui de carbonate ou bien à l'état combiné. Dans ce cas, on se servira du mélange de sulfate, sable et charbon, dans les proportions données ci-dessus, et on y ajoutera la base ou son carbonate avec une quantité équivalente de sable, mais sans charbon additionnel, ce dernier n'étant utile que lorsqu'il y a un sulfate à décomposer : par exemple, pour préparer le silicate double de soude et de baryte, on peut faire usage de l'un ou de l'autre des mélanges suivants :

N° 1.	Sable.	275	parties.
	Sulfate de soude.	72	—
	Sulfate de baryte.	117	—
	Charbon.	12	—
N° 2.	Sable.	275	parties.
	Sulfate de soude.	72	—
	Sulfate de baryte.	99	—
	Charbon.	6	—

» Quand on veut que le produit soit fondu ou vitrifié, on chauffe dans le four qui sera décrit, et si la chose n'est pas nécessaire, on chauffe dans un four à réverbère ordinaire.

» Des circonstances en apparence indifférentes, telles que la rapidité du travail, la force du vent, etc., peuvent rendre nécessaire la diminution de la dose du charbon. C'est à l'ouvrier intelligent à régler ce point. Un coulage de sulfate indique un défaut de charbon, une couleur brune un excès de ce dernier, ou, dans les deux cas, une température trop basse. La température la plus favorable est le rouge blanc bien franc.

» De 8 à 10 pour 100 de sel commun ajoutés au mélange brut facilitent notablement la fusion des matières, sans altérer le résultat. Enfin le sulfate alcalin a besoin d'être à l'état de poudre fine et passé au tamis de 20 à 24 trous au centim. carré.

» 2° La substitution d'un sulfure ou d'un hyposulfite au charbon, comme agent de désoxydation pour décomposer le sulfate dans la fabrication du verre, est parfois une chose économique et d'ailleurs avantageuse, parce qu'il y a un dégagement moindre de gaz que quand on emploie le charbon, et que la combinaison des matières a lieu rapidement. Nous substituons donc le sulfure ou l'hyposulfite au charbon dans les mélanges ci-dessus indiqués, en réduisant la quantité de sulfate, ou augmentant celle du sable proportionnellement à celle du sulfure ou de l'hyposulfite employé. Un demi-équivalent de sulfure ou un équivalent d'hyposulfite peuvent remplacer un équivalent de charbon. Ainsi 20 parties de sulfure de sodium remplaceront 6 parties de charbon, ou bien on peut faire un silicate à 20 parties de soude avec 40 parties de protosulfure de sodium, 144 parties de sulfate de soude, et 418 parties de sable.

» On peut, dans la fabrication du verre ou d'un silicate double, employer l'une ou l'autre des deux bases sous forme de sulfure. De là les applications variées qu'il est possible de faire de ce principe. Par exemple, pour produire un verre de soude de chaux, en employant un sulfure d'après ce principe, on pourra se servir d'un des mélanges suivants :

» 1. Sable, sulfate de soude, sulfure de sodium et chaux.

» 2. Sable, sulfure de sodium, sulfate de chaux et sulfate de soude.

» 3. Sable, sulfure de calcium (ou hyposulfite de chaux) et sulfate de soude.

» Lorsque le sulfure est facilement soluble dans l'eau, on le mélange aux autres matériaux sous forme de solution concentrée, ce qui permet de l'y incorporer plus intimement ; mais s'il n'est pas d'une solution facile, on le réduit en poudre grossière par un moyen quelconque.

» On se procure les sulfures par l'un des procédés connus. Pour préparer le sulfure de soude, nous chauffons le sulfate de soude et le menu du charbon dans le four de fusion qui sera décrit ci-après. Si les matières employées sont suffisamment exemptes de fer, le sulfure obtenu peut être appliqué à la fabrication d'un silicate ou du verre, sans autre préparation que d'être réduit en poudre. Mais par suite de la présence du fer, et aussi pour extraire le carbonate de soude qui est présent de la manière qui sera indiquée plus loin, il vaut mieux dissoudre le sulfure à la manière ordinaire, et faire bouillir la solution jusqu'à précipitation de tout le carbonate, le sulfate ou l'hydrochlorate présents, pour obtenir une solution à peu près pure de sulfure (avec un peu de bisulfure) de sodium.

» Le sulfure de baryum, qu'on peut économiquement préparer et facilement obtenir en cristaux, a l'avantage sur le carbonate et le sulfate naturels de ne pas contenir de fer.

» Le sulfure de calcium ou hyposulfite de chaux impur produit dans l'épuration à sec du gaz d'éclairage, est une source où l'on peut puiser avantageusement ce produit. Les résidus des usines à gaz ont déjà été employés à la fabrication des bouteilles ordinaires mais jusqu'ici comme moyen économique de se procurer de la chaux, sans égard à leur propriété désoxydante, qui est plus ou moins altérée par leur exposition à l'air.

» On peut se servir de ces résidus pour fabriquer du verre en une seule opération comme à l'ordinaire, ainsi qu'on en a donné un exemple ci-dessus pour la fabrication du verre soude et chaux ; mais dans quelques cas, particulièrement dans la fabrication du flint-glass, il vaut mieux diviser le travail avec les matériaux ci-dessus en deux opérations, c'est-à-dire faire d'abord un silicate ou une fonte dans un four, puis, après, fondre ou affiner ce silicate ou ce verre dans un pot comme d'habitude, mélangé ou non à d'autres matières, suivant le cas. Ce mode admet aussi des modifications très-variées, parmi lesquelles nous citerons comme exemple la fabrication d'un flint-glass, consistant dans la préparation d'un silicate double de baryte et de soude.

» A cet effet, on mélange intimement 84 parties de sulfure de baryum cristallisé, 114 de sulfate de soude et 410 de sable, et on chauffe au blanc dans le four ci-après. Le produit est un silicate double de baryte et de soude qui renferme, si l'opération a été bien faite, environ 14 pour 100 de soude et 11 pour 100 de baryte dans un état qui est propre à la fabrication du flint-glass de qualité inférieure, si on le mêle avec les proportions de sable, de minium, etc., adoptées dans les verreries.

» 3° Voici maintenant la description du four que nous employons à la fabrication du verre et des silicates :

» Fig. 181, section longitudinale du four.

» Fig. 182, section horizontale par la ligne *a b*, fig. 181.

» Fig. 183, section verticale par la ligne *c d*, fig. 181.

» Ce four consiste en un foyer *n* construit comme celui des fours à réverbère ordinaire, et deux soles inclinées *oo*, en briques réfractaires, soutenues sur des barres de fer *pp*, encastrées des deux côtés dans la maçonnerie. L'inclinaison et la longueur de ces soles varient avec la nature des matériaux qu'on traite, leur fusibilité et le temps requis pour l'action chimique. Avec une matière très-fusible, la sole pourrait

même être horizontale, mais il est plus avantageux dans tous les cas pour la beauté du produit qu'elle soit inclinée.

» Les matières sont introduites au point le plus élevé par l'ouverture p du dôme, au moyen d'une trémie mobile, fig. 184, d'une manière continue ou interrompue à volonté. Quand on fait une frite ou un silicate, on introduit 10 à 12 kilog. à la fois, de dix en dix minutes, puis lorsque la charge a été introduite on enlève la trémie et on répartit les matières dans le four, avec un ringard courbe qu'on fait passer dans le trou s, fig. 181 et 182, et enfin on ferme l'ouverture r avec une brique. A mesure que les matières fondent, elles descendent sur les soles et viennent se rassembler près du pont t, d'où elles coulent par un trou v dans un vase w rempli d'eau placé au-dessous, où elles se désagrégent et deviennent ainsi plus propres à la fonte dans le pot de verrerie. Le vent qu'on produit au moyen d'un ventilateur arrive sous le foyer, qui est fermé par un conduit x, fig. 181.

» Quand les matières sont employées à faire du verre, on les coule comme il a été dit, ou bien on les transporte dans des pots chauffés par la chaleur perdue du four, et lorsqu'elles sont affinées, l'ouvrier verrier les met en œuvre sans avoir permis qu'elles se refroidissent un seul instant. Dans ce cas, il y a deux pots disposés dans le four, avec ouvreaux correspondants, dont l'un travaille pendant que l'autre se remplit. Quand le produit est un sulfure alcalin, on le coule simplement dans des moules en fer.

» L'avantage de ce four dans la fabrication du verre consiste principalement à fournir les moyens de produire, avec des matériaux bruts, un silicate fondu ou du verre à peu de frais et avec peu de travail, sans introduire de carbonate ou de sulfate alcalin, chose importante, puisqu'on sait que la détérioration des pots est due principalement à l'action corrosive des carbonates et des sulfates alcalins, et que les verriers peuvent ainsi remplacer les carbonates par les sulfates, qui sont aujourd'hui d'un prix moindre.

» 4° Nous préparons aussi du silicate de soude en faisant réagir sur un mélange de sable et de sel marin l'acide sulfureux et l'air avec intervention de la chaleur et du charbon, puis du sulfate de soude propre à fabriquer du verre, ou bien des alcalis par le même moyen, avec ou sans présence du sable. L'avantage principal de ce procédé est la facilité qu'il présente d'employer ainsi avantageusement l'acide sulfureux qui est mélangé à l'air et à l'acide carbonique ou autres gaz, au point d'être impropre à sa conversion en acide sulfurique dans les chambres de plomb par les procédés ordinaires.

» Dans cette opération, on mélange trois parties de sable à une partie de sel marin, on humecte avec de l'eau pour faire adhérer, et on étend sur une table chauffée une couche de 3 à 4 centim., et quand le mélange est sec on rompt en morceaux de dimension médiocre qu'on introduit par le haut dans un four vertical et étroit par le bas. Le four est surmonté d'une cheminée, et au bas il reçoit, par des tuyaux, des courants d'acide sulfureux et d'air chaud.

» La conversion du sel marin en sulfate de soude a lieu à la chaleur rouge sombre, mais il y a avantage à l'élever au-delà de ce point. La marche du four est continue, et lorsqu'on veut obtenir un silicate de soude, le feu et l'introduction de l'air doivent être réglés de telle façon que les produits gazeux soient alternativement oxydants par la présence d'un excès d'air et désoxydants par celle du carbone non brûlé. Dans ce cas, il se produit, pendant la première période, du sulfate qui est décomposé et converti en silicate dans la seconde.

» On peut remplacer le sable par un silicate ou du sulfate de baryte, ou bien convertir le sel marin en vapeur, et dans cet état le mettre en contact avec l'acide sulfureux et l'air; mais il vaut mieux mêler ce sel avec une substance inerte, parce qu'elle permet d'élever à une température où il fond, sans craindre que les morceaux perdent leur porosité.

» 5° Pour recouvrer ou économiser l'alcali ou le carbonate de soude produit pendant la décomposition du sulfate de soude par le charbon menu, dans la fabrication du sulfure de sodium précédemment décrite, on reçoit le mélange de sulfure et de carbonate de soude à mesure qu'il tombe du four dans une cuve en fer, ou, lorsqu'il est presque froid, on le dissout dans l'eau avec ou sans l'aide de la chaleur. On laisse reposer et on tire au clair. On lave le résidu qui est assez faible et on réserve les eaux pour de nouveaux lessivages de sulfure et pour produire une liqueur concentrée qu'on introduit dans des bassines en fonte où on la fait évaporer jusqu'à précipitation du carbonate alcalin qu'on pêche à l'écumoire et qu'on laisse égoutter et sécher. Cette opération est rendue plus facile par la présence du sulfure qui s'oppose à ce que le carbonate adhère à la bassine et permet de la continuer jusqu'à l'épuisement presque complet du carbonate renfermé dans la liqueur. Lorsqu'il est sec, ce carbonate est lavé avec une solution claire de sulfure qui n'a pas encore été concentrée, puis séché dans un four à soude ordinaire.

» Quand la quantité du sulfure de sodium dépasse celle demandée par le commerce, on peut oxyder particulièrement ce sel en l'exposant à l'air et l'employer sans addition de sulfate de soude, à la fabrication du verre ou des silicates. »

Etenderie à pont mouvant, par M. Segard *à Anzin, près Valenciennes (Nord).*

« Il existe aujourd'hui trois systèmes d'étendage : 1° l'étendage à pierres fixes ; 2° l'étendage à pierres tournantes ; 3° l'étendage à pierres roulantes. Ce dernier système est le plus généralement adopté.

» L'*étendage à pierres fixes*, tout en accélérant le travail, a cet inconvénient que le verre en sort griffé et mal étendu.

» L'*étendage à pierres tournantes* accélère aussi le travail ; mais outre qu'il est susceptible de réparations fréquentes, il a l'inconvénient de rendre du verre piqué et il fait une consommation de combustible de 60 pour 100 en plus que par mon système à pont mouvant.

» *Le système à pierres roulantes*, celui généralement adopté dans le Nord, rend du verre parfaitement étendu, mais ne donne pas la même célérité, et c'est sur celui-ci que je vais faire ressortir les avantages qui résultent de *mon étenderie à pont mouvant.*

» Par le système *à pierres mouvantes*, on étend par douze heures 150 canons, soit 300 pour vingt-quatre heures. On consume en moyenne dix hectolitres de charbon par vingt-quatre heures, et pour faire fonctionner ce système, il faut l'emploi de deux étendeurs, deux tireurs de charriots et deux femmes ou gamins.

» Par mon système à pont mouvant on étend 600 canons par vingt-quatre heures, avec le même nombre de travailleurs et la même quantité de combustible. J'établis ainsi qu'il suit les avantages qu'il offre sur les étenderies roulantes :

» Deux étenderies roulantes peuvent étendre par mois en moyenne 18,000 canons, qui coûtent en main-d'œuvre et combustible 1,490 fr., soit 0.08,28 par canon.

» Voici le détail des frais :

Quatre étendeurs à	110 f.	par mois.	440 f.
Quatre tireurs de charriots	50	—	200
Quatre femmes ou gamins.	25	—	100
600 hectol. de charbon à..	1.25	l'hect.	750
		Ensemble.....	1490

» Avec mon étenderie à pont mouvant, j'étends la même quantité de canons que deux étenderies à pierres roulantes, soit 18,000 canons par mois avec moitié moins de combus-

tible et de main-d'œuvre, ainsi que j'en donne le détail ci-dessous :

Deux étendeurs à	100 f. par mois.	220 f.
Deux tireurs de charriots.	50	—	100
Deux femmes ou gamins.	25	—	50
300 hectol. de charbon à..	1.25 l'hect.		575
		Ensemble.....	745

» J'ai donc avec mon système un bénéfice de 50 pour cent. J'obtiens des verres parfaitement étendus et j'ai trouvé le moyen d'économiser le temps, chose inappréciable en matière de verrerie comme en toute industrie quelconque. »

Mode d'étendage du verre en feuilles ou en tables,
par M. J. T. Chance.

On trouve aussi dans le *Technologiste*, 13e année, page 422, la description d'un nouveau four à étendre, de M. Chance, qui en fait connaître, ainsi qu'il suit, les dispositions et les avantages :

« On a fait à diverses reprises, dit-il, des tentatives pour introduire plusieurs lagres ou plaques dans un même four à étendre le verre en plaçant ces plaques sur une sole ou sur un charriot commun, ou en faisant passer une des plaques sous ou sur l'autre, de manière à les charger alternativement, mais jusqu'à présent on a échoué ; c'est cependant le but que je me suis proposé d'atteindre en introduisant en même temps dans la fabrication un instrument ou appareil perfectionné pour relever et transporter les feuilles de verre dans les opérations de l'étendage et dans celles qui ont lieu dans l'arche ou four à recuire.

» La figure 185 est une section verticale, et la fig. 186 une section horizontale d'un four à étendre et d'une arche à recuire.

» *a* est un charriot à mouvement transversal sur lequel sont établis deux séries de rails *b*, *b*, dont la distance entre eux ou jauge correspond à celle des rails *c*, établis dans le four. Ce charriot va ou revient dans le four sur ses rails *d*, suivant les besoins du service, au moyen d'un jeu de leviers *e*,*e*; *f*, *f*' sont deux lagres à étendre, dont l'un *f*, fig. 186, est, je suppose, dans l'ouvrage ou endroit du four où l'on opère l'étendage, et l'autre *f*' se trouve sur la série de droite des rails *b* du charriot voyageur. J'explique actuellement comment on opère dans ce four à étendre.

» Supposons que la série de rails *b* qui ne porte rien dans

ce moment coïncide avec les rails *c*, ou en fasse le prolongement, comme dans la fig. 186. L'ouvrier ayant achevé l'étendage d'un manchon sur le lagre *f* pousse cette plaque audelà de l'ouvrage sur les rails *b* du charriot voyageur. L'aide chasse alors ce charriot dans la direction de la flèche, et lorsque l'autre série de rails *b*, qui porte le lagre *f'*, coïncide avec les rails *c*, l'ouvrier amène cette plaque dans l'ouvrage où il opère l'étendage d'un autre manchon. Au moment opportun, il relève la feuille de verre de dessus la plaque *f* et la dépose soit dans l'arche soit sur une table convenable *g*, ou un autre lagre, suivant les dispositions du four. On conçoit de cette manière comment les plaques peuvent alterner pendant le travail.

» Mes lagres à étendre sont pourvus d'une roue de guide à gorge *h*, sur chacun de leurs essieux, roue qui court sur un rail central de guide *i*, au lieu de faire des gorges aux roues elles-mêmes qui portent les plaques. De cette manière, s'il y a un peu de différence dans la jauge entre les rails *b* et *c*, cela n'occasionne aucun obstacle.

» Le charriot à mouvement transversal pourrait se mouvoir sur des galets portés par des appuis fixes au lieu de rouler sur des roues mobiles avec lui : ou bien on pourrait substituer un charriot tournant à celui qui se meut en va-et-vient en modifiant les parties adjacentes du four.

» La fig. 187 est une vue en élévation de côté, et la fig. 188 une vue par-dessous d'une fourche perfectionnée pour lever et transporter les tables et les feuilles de verre. Les dents de cet instrument sont pourvues de petites roulettes *j*, *j*, dont les axes sont portés par des oreilles ménagées sur la face inférieure de ces dents et disposées pour que les roulettes présentent une légère saillie sur la face supérieure de l'instrument. »

Moulage du verre.

Le flint-glass ou cristal se fabrique ordinairement à la canne, ou bien en le soufflant dans des moules, ou enfin dans des moules où on le verse à l'état fluide, et on en perfectionne les formes à l'aide de la taille.

Les moules se construisent avec le plus grand soin en laiton ou en fer, et en général ils sont un peu plus ouverts à la partie supérieure, quand ils sont de construction simple pour que la pièce puisse aisément sortir, ou bien ils sont composés de plusieurs parties, lorsque la pièce à mouler présente des parties saillantes et qu'il serait difficile de dégager. On a représenté dans la fig. 189 un moule de cette espèce pour un flacon. La fig. 190 est une section de ce même moule, on

voit que le fond *a*, et les parois *a*, *a*, du corps, constituent la partie inférieure et la plus forte du moule, et que ces pièces sont unies ensemble par des vis *b*, *b*. La partie supérieure consiste en deux pièces qui se réunissent sur la ligne *z*,*z*, et qui s'ouvrent quand on les fait tourner sur la charnière *d*. Pour que les pièces ne puissent pas s'écarter plus qu'il ne convient, elles sont retenues par deux arrêts *o*, fixés sur l'anneau *i*. L'ouvrier introduit le globe de verre *g*, attaché à la canne dans le corps du moule, dont il a ouvert le couvercle et l'y souffle avec force aussitôt qu'un aide l'a refermé et fixé par une vis *m*, *n*. Le verre forcé par la pression contre les parois du moule, remonte, sous la forme d'un chapeau, en *g*, au-dessus du bord où on l'en détache avec la canne, suivant la ligne *x*, *x*. La douille *h*, et une autre semblable à l'opposé, servent à introduire des manches en bois pour le transport du moule.

On forme des pièces massives en versant le cristal dans les moules, et quand les pièces sont plates on verse le verre entre deux plaques chauffées de métal qui constituent alors le moule et on en fait sortir l'excédant par les joints en appliquant des poids sur le moule.

FIN DU TOME PREMIER.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. DE SAILLARD.

TABLE DES MATIÈRES

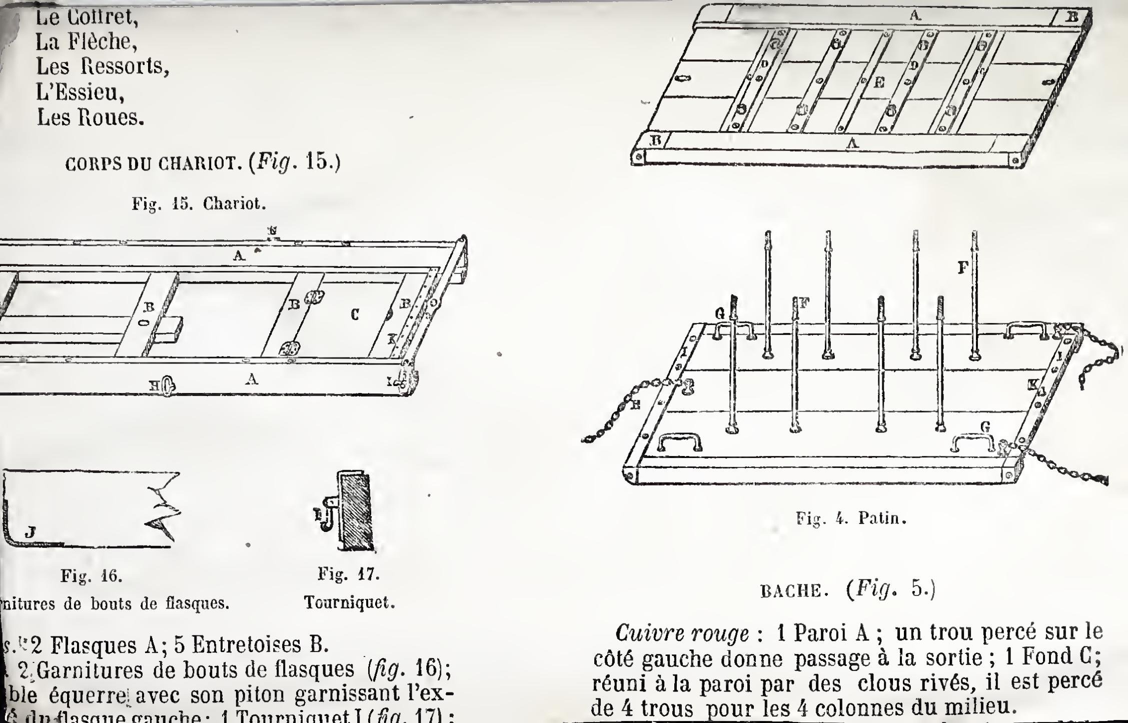
DU TOME PREMIER.

DEUXIÈME PARTIE.

TROISIÈME PARTIE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME PREMIER.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. DE SAILLARD.



Le Coffret,
La Flèche,
Les Ressorts,
L'Essieu,
Les Roues.

CORPS DU CHARIOT. (*Fig.* 15.)

Fig. 15. Chariot.

Fig. 16.
…nitures de bouts de flasques.

Fig. 17.
Tourniquet.

…s. 2 Flasques A; 5 Entretoises B.
… 2 Garnitures de bouts de flasques (*fig.* 16);
…ble équerre avec son piton garnissant l'ex-
…é du flasque gauche; 1 Tourniquet I (*fig.* 17);

Fig. 4. Patin.

BACHE. (*Fig.* 5.)

Cuivre rouge : 1 Paroi A ; un trou percé sur le côté gauche donne passage à la sortie ; 1 Fond C; réuni à la paroi par des clous rivés, il est percé de 4 trous pour les 4 colonnes du milieu.

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

COLLECTION
DES
MANUELS-RORET
FORMANT UNE
ENCYCLOPÉDIE
DES SCIENCES ET DES ARTS,
FORMAT IN-18;

Par une réunion de Savans et de Praticiens;

MESSIEURS

Amoros, Arsenne, Biot, Biret, Biston, Boisduval, Boitard, Bosc, Boutereau, Boyard, Cahen, Chaussier, Chevrier, Choron, Constantin, De Gayffier, De Lafage, P. Desormeaux, Dubois, Dujardin, Francœur, Giquel, Hervé, Huot, Janvier, Julia-Fontenelle, Julien, Lacroix, Landrin, Launay, Ledhuy, Sébastien Lenormand, Lesson, Loriol, Matter, Miné, Muller, Nicard, Noel, Jules Pautet, Rang, Rendu, Richard, Riffault, Scribe, Tarbé, Terquem, Thiébaut de Berneaud, Thillaye, Toussaint, Tremery, Truy, Vauquelin, Verdier, Vergnaud, Yvart, etc.

Tous les Traités se vendent séparément, 300 volumes environ sont en vente; pour recevoir franc de port chacun d'eux, il faut ajouter 50 centimes. Tous les ouvrages qui ne portent pas au bas du titre *à la Librairie Encyclopédique de Roret* n'appartiennent pas à la *Collection de Manuels-Roret*, qui a eu des imitateurs et des contrefacteurs (M. Ferd. *Ardant*, gérant de la maison *Martial Ardant frères*, à Paris, et M. *Renault* ont été condamnés comme tels.)

Cette Collection étant une entreprise toute philantropique, les personnes qui auraient quelque chose à nous faire parvenir dans l'intérêt des sciences et des arts, sont priées de l'envoyer franc de port à l'adresse de M. le *Directeur de l'Encyclopédie-Roret, format in-18*, chez M. Roret, libraire, rue Hautefeuille, n. 12, à Paris.

— *Imp. de Pommeret et Moreau*, 17, *quai des Augustins.* —

Nouveau cours complet d'agriculture du 19e siècle, par les *membres de la section d'agriculture de l'Institut.* 16 vol. in-8, ornés de figures (ensemble de plus de 8,800 pages.) Prix, 56 fr.

Traité des Arbres et Arbustes, par *Duhamel, Mirbel, Poiret, Loiseleur-Deslonchamps.* 7 vol. in-fol., orné de 500 planches. Prix, jésus vélin, pl. coloriées 750 fr.